臺灣省農業試驗所特刊第16號

# 稻作區域性與期作性低產及增產措施之研究

劉大江　謝順景　主編

臺灣省農業試驗所發行
行政院農業委員會補助

中華民國七十三年十二月

臺灣省農業試驗所特刊第16號

# 稻作區域性與期作性低產及增產措施之研究

劉 大 江　　謝 順 景　主 編

臺 灣 省 農 業 試 驗 所 發 行
行 政 院 農 業 委 員 會 補 助

中 華 民 國 七 十 三 年 十 二 月

# 序　言

水稻為臺灣首要之糧食作物，年種兩期，且栽培地區遍佈全省，但單位面積稻穀產量有明顯的期作性與區域性差異存在；為確切明瞭差異之肇因，進一步提高稻作生產力，以有效利用土地資源及增加農民收益，行政院農業發展委員會（即現今之農業委員會）乃於民國七十至七十二年委由本所主持「稻作區域性與期作性低產及增產措施之研究」重點計畫，歷時三年，進行深入與系統性之探討，研擬改進之方。

導致本省稻作單位面積產量具有期作性與區域性差異之原因頗為複雜，亦非單一研究機構或少數研究人員所能充分掌握，因此本項計畫以重點分工及團隊合作方式進行，參與研究之機關包括臺灣大學、中興大學、屏東農專與嘉義農專等學術機構，及農林廳所屬各試驗場所；研究涵蓋之範圍亦廣，包括期作性與區域性專用品種之改良、特殊土壤肥效改進、期作間與區域性稻作生理特性差異與特殊病蟲害問題等，共執行計畫六十餘項，均能針對關鍵性問題進行有系統的研究。

在參與研究計畫各專家學者的共同努力下，所獲結果極為良好，不僅有助於水稻新品種之育成，在抑制病蟲害發生及建立稻作栽培生理之基礎與應用資料方面，亦頗具貢獻。本所鑑於此一三年計畫之執行與成果均非易事，若任各項報告零星出刊，殊為可惜，乃集印成冊，除品種改良因係長期性工作而未予列入外，包括土壤、栽培、生理

與病蟲害等方面之研究論文二十八篇，應可為國內從事稻作生產改進人員之有力參考資料。

承蒙行政院農業委員會補助經費，支持本項研究及編印專刊，國內各機構學者專家參與執行，使此一重點計畫得以順利完成，均此致謝。

臺灣省農業試驗所所長

萬　　雄　謹識

中華民國七十三年十二月

# 目　錄

序　言……………………………………………………………………………………………1

## 土壤、栽培與生理研究

1. 改進肥效及增進土壤氮素肥力以提高二期稻作產量之研究……………………莊作權、黃裕銘……… 1
2. 稻田中肥料流失量之觀測……………………………………………………………洪崑煌………17
3. 宜蘭縣低產及高產水田土壤理化性質之差異及低產水田之改良………………顏滄濤、張則周………25
4. 稻根生理、生態之研究——水稻類型間根部活力特性之研究……………………………………
……………………………………………………………賴光隆、蔡養正、賴聰良、劉新五………35
5. 二期稻作土壤環境、根部活力與產量之分析比較……………………………侯清利、黃天成………45
6. 氣象對臺灣一、二期稻作農藝性狀影響之研究……………………劉　清、謝順景、林明華………59
7. 氣溫與日照強度對水稻光合成物質之轉運與分配的影響…………………………………林安秋………73
8. 日射量對水稻生理與產量的影響……………………………蔡金川、沈美珍、陳建山、劉大江………83
9. 水稻光合作用及呼吸作用之研究……………………………………………………………楊居成………99
10. 期作間水稻光合成物質供需平衡關係之比較……………………陳建山、魏夢麗、劉大江…… 131
11. 期作間水稻光合成物質生產、分配及產量之比較……………………………魏夢麗、劉大江…… 143
12. 臺灣水稻之光合特性與不同水稻品種在第一、二期作之物質生產及穀實
生產性的比較…………………………………………………………………翁仁憲、陳清義…… 153
13. 一、二期水稻穀粒充實特性與產量構成要素之關係……………………………朱　鈞、盧虎生…… 165
14. 一、二期作水稻充實期之老化與轉流的差異性比較研究………………………陳宗禮、宋濟民…… 181
15. 屏東地區期作性水稻品種間生理差異之研究……………………………………吳文雄、陳清義…… 197
16. 水稻農藝性狀取樣方法之研究 I.期作間之比較…………………劉　清、何　惠、曹紹徽…… 209

## 病害與蟲害研究

17. 水稻不稔症發生主因之探討……………………………………………羅幹成、簡錦忠、何琦琛…… 217
18. 水稻不稔症之病因：無鞘腐病菌之長毛細蟎與水稻不稔症發生之關係…………………梁文進…… 223
19. 長毛細蟎之生殖、發育及傳播……………………………………………………梁文進、唐立正…… 229
20. 稻細蟎之天敵——氈蟎之生活史、捕食能力及殺蟲劑對其毒性測定…………羅幹成、何琦琛…… 235
21. 稻細蟎之發生與氣象關係及其防治研究………………………………………………………方新政…… 241
22. 稻細蟎防治藥劑及適期之研究…………………………………………………………………陳秋男…… 251
23. 抗不稔症水稻品種篩選試驗……………………………………………………………………李新傳…… 259
24. 稻葉鞘腐敗病菌生理及生態研究……………………………………………………簡錦忠、曾方明…… 267
25. 稻品種與株齡對葉鞘腐敗病之感染…………………………………………………簡錦忠、曾方明…… 271
26. 稻根眞菌相、不同土壤型態及稻根發育之關係研究……………………………杜金池、張義璋…… 279
27. 臺灣稻縱捲葉蟲天敵之研究…………………………………………………………陳健忠、邱瑞珍…… 283
28. 水稻對褐飛蝨抵抗性研究：特別論及寄主與生物小種間之相互作用……………………鄭清煥…… 293

# 土壤、栽培與生理研究

# 改進肥効及增進土壤氮素肥力以提高二期稻作產量之研究*

莊　作　權**　　黃　裕　銘

國立中興大學農學院土壤學系

## 摘　　要

USG 深施提高氮素回收率及稻谷產量之效果，以一期稻優於二期稻，一期稻谷增產量可達13%，氮回收率最高可達77%；二期稻谷增產量最高僅有3%（屏東新埤），而氮回收率最高亦只有41%。

二期作 USG 深施在含有膨脹性粘土礦物之臺中土壤其稻谷增產量最高可達18%，氮肥回收率在30%～71%之間，皆優於不含膨脹性粘土礦物之屏東新埤試區，後者稻谷增產為3%，及氮肥回收率在8%～41%之間

施用稻殼亦可提高氮肥回收率，同時增加植體氮鉀含量因而提高稻谷產量，二期作施用之效益，平均增加谷產量8%，大於一期作之增加4%。彰化竹塘一期作加施稻殼者，紋枯病減輕，而谷產量可增加9%以上。

屏東新埤試區無論一、二期水稻施用爐渣後，谷產量有顯著下降之現象，而臺中、彰化兩試區有增產之趨勢。

## 前　　言

青峰重範和莊氏（1978）及莊氏等（1979）、洪氏（1980）等報告指出水稻在氮素容量大而氮濃度强度低之土壤情況下，可獲得良好的稻穀產量。臺灣水稻氮肥利用率一般只有30%左右，因此如何提高穀產量及節省肥料用量，以增加農民之淨收益，實為當務之急。

許多報告（Dennis, 1979；Pande and Adak, 1971；Wilburd and Yoshida, 1978；Juang and Tann, 1980）證明氮肥深施可提高氮肥回收率及穀產量之雙重目的。超大顆粒尿素（USG）之深施具有此雙重利益（Khind and Datta, 1975；Koyana and Niamscrishland, 1973；Savant and Datta, 1980, Juang, 1980, 1982）。Byrnes等曾報告高 pH値之土壤，基肥深施 USG 時氮回收率較低。Craswell 和 Vlek（1979）報告滲漏率大之土壤，USG 深施之效果不佳。本實驗室之1981年度報告，曾指出本省水稻深施 USG 之肥效，二期稻比一期稻為低。

莊和譚（1981）報告指出 USG 深施有造成局部氮肥過多和水稻倒伏之現象。黃和施（1979）及謝等（1979）報告本省之酸性土壤施用爐渣可抗倒伏，同時可增加一及二期水稻之產量8%以上。

本研究之主要目的在探討施用爐渣及稻殼對 USG 深施肥效的影響。

---

*行政院農業發展委員會補助計畫71農建—4.1—產—47（2—1）。

**現址為臺北市亞太糧食肥料技術中心。

## 材料與方法

本研究分別在臺中中興大學農場（二期作）、屏東新埤（二期、一期作）及彰化竹塘（一期作）等試區進行做田間試驗。土壤之理化性質如表1。田間試驗爲複因子裂區設計，分別有理16或12種處理（見表2），三重複。水稻品種屏東新埤試區爲高雄臺141號品種，台中試區爲臺農 67號，彰化竹塘試區爲臺農62號。氮肥之施用方法見表1說明，磷（$P_2O_5$）及鉀（$K_2O$）之用量各爲 60kg/ha，爐渣用量爲 2t/ha， 稻殼用量爲 20t/ha。爐渣於耕犂時加入，稻殼在第一次追肥時期敷蓋。栽植後定期作觀察及生育調查，並採集植體及土壤樣品，經處理後分析各種養分及土壤理化性質。

植體經 60°C 烘乾篩磨，經濕灰化後測定氮（蒸餾法）、磷（鉬黃法）、鉀（焰光分析）及矽（比色法）等養分含量。土壤 pH 以玻璃電極法（1：1），交換性氮以 2N KCl 抽取再用蒸餾法測定，以上均以田間採回之鮮土供各種測定。經風乾過篩之土壤則測定土壤全氮（semimicro Kjeldahl）、交換性鉀（1 N醋酸銨），有效性磷（Bray No. 1）及土壤有機質（Walkey-Black）等化學成分。

表 1. 供試土壤之理化性質

| 項目 | 臺中中興大學 | 屏東新埤 | 彰化竹塘 |
|---|---|---|---|
| 母質 | 砂頁岩冲積土 | 粘板岩冲積土 | 粘板岩冲積土 |
| 質地 | 砂質壤土 | 壤土 | 壤土 |
| CEC me/100g | 8.8 | 11.5 | 10.5 |
| pH | 5.6 | 7.4 | 7.2 |
| 有機質，% | 0.4 | 4.4 | 2.2 |
| 全氮，% | 0.05 | 0.32 | 0.17 |
| 交換性氮，ppm | 24 | 30 | 32 |
| 交換性鉀，ppm | 30 | 45 | 81 |
| 有效性磷，ppm | 7 | 12 | 37 |
| 主要粘土礦物 | 雲母、綠泥石<br>蒙特石 | 雲母、綠泥石<br>高嶺石 | 雲母、綠泥石<br>伊萊石 |

表 2. 田間試驗之處理

A、屏東新埤與彰化竹塘試區

| 主處理 | 副處理 | |
|---|---|---|
| 施爐渣 | N-O | 不施氮 |
| | Urea-47. 4-BC | 尿素 47.4kg/ha，分三次撒施 |
| | USG-47. 4-DP | 超大顆粒尿素 47.4kg/ha，深施 |
| | USG-47. 4-DP. RH | 超大顆粒尿素 47.4kg/ha，深施，加稻殼 |
| | Urea-94. 8-BC | 尿素 94.8 kg/ha，分三次撒施 |
| | Urea-94. 8-BC. RH | 尿素 94.8 kg/ha，分三次撒施，加稻殼 |
| | USG-94. 8-DP | 超大顆粒尿素 94.8 kg/ha，深施 |
| | USG-94. 8-DP. RH | 超大顆粒尿素 94.8 kg/ha，深施加稻殼 |
| 不施爐渣 | 與上八處理相同 | |

B、臺中中興大學試區

| 主處理 | 副處理 | |
|---|---|---|
| | USG 44 DP-22 Urea BC | 超大顆粒尿素 44 kg/ha 深施，尿素 22 kg/ha 撒施（基肥） |
| | USG 66 DP-22 Urea BC | 超大顆粒尿素 66 kg/ha 深施，尿素 22 kg/ha 撒施（基施） |
| | USG 88 DP | 超大顆粒尿素 88 kg/ha 深施 |
| | Urea 110 BC | 尿素 110 kg/ha 分三次撒施 |
| 施爐渣 | 與上四處理相同 | |
| 施稻殼 | 與上四處理相同 | |
| N—0 不施氮 | | |

## 結果與討論

### 一、爐渣之施用對水稻產量、養分狀況及土壤性質的影響：

1. 七十年二期作：

對二期稻之影響，由表3及表4，七十年二期作屏東新埤及臺中中興大學兩試區之田間試驗

表 3. 臺中試區七十年二期水稻之農藝性狀

| 處理 主處理 | 處理 副處理 | 穀產量 | 相對指標 | 稈產量 | 千粒重 | 分蘗數 | 氮回收率 | 株高 20 天 | 株高 35 天 | 株高 收穫 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kg/ha | | kg/ha | g | 株／欉 | % | —cm— | | |
| | 1 | 4,946 | 114 | 6,025 | 25.4 | 11.7 | 62 | 33.2 | 65.6 | 108 |
| | 2 | 5,041 | 116 | 6,025 | 25.5 | 12.8 | 52 | 31.9 | 63.4 | 106 |
| | 3 | 5,146 | 118 | 5,974 | 25.0 | 13.9 | 56 | 32.4 | 66.1 | 116 |
| | 4 | 4,357 | 100 | 5,487 | 24.9 | 9.9 | 30 | 33.4 | 65.7 | 105 |
| 爐渣 | 1 | 4,972 | 114 | 5,615 | 24.9 | 11.3 | 62 | 33.6 | 66.1 | 109 |
| | 2 | 5,430 | 125 | 6,666 | 24.6 | 12.5 | 60 | 35.0 | 68.4 | 109 |
| | 3 | 5,192 | 119 | 6,205 | 25.0 | 13.2 | 60 | 32.5 | 66.6 | 112 |
| | 4 | 4,752 | 109 | 5,256 | 25.9 | 10.1 | 30 | 33.3 | 63.7 | 101 |
| 稻殼 | 1 | 5,357 | 123 | 5,718 | 25.3 | 13.3 | 62 | 34.4 | 66.2 | 108 |
| | 2 | 5,311 | 122 | 6,154 | 24.4 | 13.8 | 59 | 32.4 | 65.4 | 108 |
| | 3 | 5,858 | 134 | 6,564 | 23.9 | 13.8 | 71 | 33.0 | 67.1 | 112 |
| | 4 | 4,609 | 106 | 5,487 | 26.2 | 11.2 | 32 | 32.2 | 61.9 | 108 |
| N-O | N | 2,949 | 68 | 3,179 | 25.2 | 7.5 | | 29.2 | 58.3 | 96.0 |
| L. S. D. 主 | 5% | N. S. | | N. S. | 0.6 | 0.9 | | 0.5 | 0.6 | 2.1 |
| | 1% | | | | 0.9 | 1.1 | | 0.6 | 0.8 | 2.8 |
| L. S. D. 副 | 5% | N. S. | | N. S. | 0.9 | 1.1 | | 0.6 | 0.7 | 2.4 |
| | 1% | | | | 1.1 | 1.3 | | 0.8 | 0.9 | 3.2 |

處理代號：1. USG 44 DP Urea BC, 2. USG 66 DP 22 Urea BC, 3. USG 88 DP, 4. Urea 110 BC.

水稻之農藝性狀資料，可知施爐渣對這兩地區之水稻產量有不同影響，臺中試區施用爐渣各處理皆有增產效果，最多達9%，屏東新埤試區施爐渣區各處理之產量反不如施爐渣區。

由表3，臺中試區加施爐渣或稻殼之撒施尿素 110 kg/ha 處理穀產量皆比不施用爐渣或稻殼之相對處理爲高，此與千粒重及分蘖數較高有關。但深施 USG 88 kg/ha 者再加施爐渣或稻殼處理之穀量仍比任何其他處理爲高，足見爐渣或稻殼施用之效果至爲明顯。同時氮肥回收率亦因增施土壤改良劑而提高。屏東試區(表4)施用爐渣之效果不及稻殼，施用尿素或 USG 加施稻穀之穀產量皆較不施

**表 4. 屏東新埤試區七十年二期水稻之農藝性狀**

| 主處理 | 副處理 | 穀產量 | 相對指標 | 稈產量 | 千粒重 | 分蘖數 | 氮回收率 | 株高 47天 | 株高 收穫 | 穀／稈 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kg/ha | | kg/ha | g | 株／欉 | % | —cm— | | |
| | N-O | 4,705 | 86 | 6,163 | 22.39 | 15.0 | | 59 | 88 | 0.76 |
| | Urea-47. 4 BC | 5,053 | 93 | 6,316 | 22.74 | 16.2 | 10.2 | 63 | 91 | 0.80 |
| | USG-47. 4 DP | 5,198 | 95 | 6,498 | 19.43 | 17.8 | 40.8 | 64 | 94 | 0.80 |
| | USG-47. 4 DP RH | 6,021 | 110 | 6,603 | 20.76 | 17.9 | 39.3 | 68 | 95 | 0.91 |
| | Urea-94. 8 BC | 5,448 | 100 | 7,137 | 22.47 | 17.4 | 15.3 | 63 | 95 | 0.76 |
| | Urea-94. 8 BC RH | 5,767 | 106 | 6,747 | 22.34 | 18.3 | 22.2 | 65 | 94 | 0.85 |
| | USG-94. 8 DP | 5,608 | 103 | 7,122 | 22.39 | 17.9 | 31.6 | 68 | 98 | 0.79 |
| | USG-94. 8 DP RH | 5,794 | 106 | 7,030 | 19.74 | 20.3 | 28.4 | 72 | 98 | 0.83 |
| 爐渣 | N-O | 4,409 | 81 | 6,217 | 21.80 | 15.3 | | 60 | 87 | 0.71 |
| 爐渣 | Urea-47. 4 BC | 5,290 | 97 | 6,172 | 22.81 | 16.6 | 10.8 | 61 | 90 | 0.85 |
| 爐渣 | USG-47. 4 DP | 5,332 | 98 | 6,825 | 21.06 | 19.6 | 24.5 | 66 | 93 | 0.78 |
| 爐渣 | USG-47. 4 DP RH | 5,892 | 108 | 6,736 | 21.79 | 18.8 | 38.0 | 67 | 96 | 0.88 |
| 爐渣 | Urea-94. 8 BC | 5,256 | 96 | 6,132 | 21.41 | 16.8 | 7.7 | 62 | 92 | 0.85 |
| 爐渣 | Urea-94. 8 BC RH | 5,738 | 105 | 7,727 | 21.06 | 19.2 | 25.9 | 68 | 96 | 0.74 |
| 爐渣 | USG-94. 8 DP | 5,341 | 98 | 6,445 | 19.85 | 20.7 | 29.2 | 68 | 97 | 0.83 |
| 爐渣 | USG-94. 8 DP RH | 5,303 | 97 | 6,858 | 18.77 | 19.6 | 30.9 | 71 | 100 | 0.79 |
| L. S. D. 爐渣 | 5% | 215 | 4 | N. S. | 0.98 | 0.7 | | 1 | 1 | |
| | 1% | 296 | 6 | | 1.12 | 0.9 | | 2 | 2 | |
| L. S. D. 稻殼 | 5% | 260 | 5 | N. S. | 1.17 | 0.8 | | 1 | 2 | |
| | 1% | 349 | 7 | | 1.37 | 1.1 | | 2 | 2 | |
| L. S. D. 肥料 | 5% | 433 | 8 | N. S. | 1.95 | 1.4 | | 1 | 1 | |
| | 1% | 581 | 11 | | 2.63 | 1.8 | | 2 | 2 | |

BC : Broadcasting, DP ; Deep placement, RH ; Rice hull,

者超過甚多。施用爐渣再加施稻殼之處理，氮肥回收率較高，尤以尿素撒施處理，差異最爲顯著。

水稻植株養分濃度（表5、6）臺中試區施爐渣者和稻殼者所有植體 N、$P_2O_5$、$K_2O$ 及 $SiO_2$ 的養分濃度比不施之各相對處理爲低。屏東新埤試區（表6）施爐渣者 N 及 $P_2O_5$ 養分濃度較高，而 $K_2O$ 及 $SiO_2$ 之濃度較低，顯示二試區土壤及排水狀況不同，有明顯之差異，施稻殼之處理，無論有無施用爐渣，植體中 $SiO_2$%均顯著提高。

2. 七十一年期作

對一期作之影響一般尿素撒施加施爐渣之處理，在彰化竹塘試區(表7)產量增加8%，而屏東新埤試區(表8)產量並未增加，效果與七十年二期相似。竹塘試區不施爐渣者，其有效分蘖在植後63天及收成時皆較施爐渣者顯著增加，然因紋枯病却造成千粒重極顯著降低，故最後產量仍是降低。

深施，發現高氮肥區在竹塘試區加施爐渣處理，紋枯病較輕使水稻產量較不施區爲高。屏東試區加施爐渣者各處理產量反而較不施區各相對處理降低。

氮肥回收率方面，屏東試區均比彰化試區爲高，主要原因係彰化試區土壤中氨之揮失較屏東試區爲高， Juang and Tann (1980) 曾報導彰化試區在二期作氣溫較高時氨揮失可達24%。同時亦發

表 5. 臺中試區七十年二期水稻之養分狀況

| 處理 | | N, % | | | $P_2O_5$, % | | | $K_2O$, % | | | $SiO_2$, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 主處理 | 副處理 | 48 天 | 穀粒 | 稈 | 48 天 | 穀粒 | 稈 | 84 天 | 穀粒 | 稈 | 48 天 |
| | 1 | 2.03 | 0.83 | 0.70 | 0.63 | 0.56 | 0.17 | 2.86 | 0.34 | 1.59 | 3.46 |
| | 2 | 2.25 | 0.86 | 0.74 | 0.58 | 0.58 | 0.16 | 2.63 | 0.35 | 1.54 | 3.66 |
| | 3 | 1.94 | 0.92 | 0.75 | 0.58 | 0.58 | 0.18 | 2.76 | 0.32 | 1.56 | 4.05 |
| | 4 | 1.67 | 0.80 | 0.72 | 0.68 | 0.68 | 0.18 | 2.83 | 0.39 | 1.94 | 4.22 |
| 爐渣 | 1 | 1.99 | 0.89 | 0.69 | 0.66 | 0.66 | 0.16 | 2.43 | 0.37 | 1.73 | 3.62 |
| | 2 | 2.14 | 0.90 | 0.70 | 0.61 | 0.61 | 0.21 | 2.43 | 0.33 | 1.75 | 3.38 |
| | 3 | 2.40 | 0.92 | 0.77 | 0.52 | 0.52 | 0.14 | 2.23 | 0.30 | 1.83 | 3.65 |
| | 4 | 1.18 | 0.79 | 0.71 | 0.58 | 0.58 | 0.13 | 2.46 | 0.34 | 1.74 | 3.72 |
| 稻殼 | 1 | 1.67 | 0.81 | 0.70 | 0.60 | 0.60 | 0.20 | 2.71 | 0.35 | 1.49 | 3.80 |
| | 2 | 2.12 | 0.92 | 0.75 | 0.63 | 0.63 | 0.14 | 2.48 | 0.35 | 1.59 | 3.20 |
| | 3 | 2.13 | 0.94 | 0.79 | 0.63 | 0.63 | 0.16 | 2.51 | 0.37 | 1.73 | 3.43 |
| | 4 | 1.42 | 0.79 | 0.74 | 0.60 | 0.60 | 0.14 | 3.01 | 0.36 | 1.77 | 3.62 |
| N-O | | 1.36 | 0.88 | 0.46 | 0.66 | 0.90 | 0.22 | 2.94 | 0.54 | 1.52 | 4.10 |
| L. S. D. 主 | 5% | 0.26 | N. S. | N. S. | 0.03 | N. S. | N. S. | 0.15 | 0.02 | 0.20 | 0.25 |
| | 1% | 0.35 | | | 0.04 | | | | | | |
| L. S. D. 副 | 5% | 0.54 | 0.11 | 0.07 | 0.06 | N. S. | N. S. | 0.69 | 0.04 | 0.58 | 0.28 |
| | 1% | 0.90 | 0.15 | 0.10 | 0.09 | | | | 0.05 | | 0.38 |

副處理代號：1. USG 44 DP Urea BC, 2. USG 63 DP 22 Urea BC, 3. USG 83 DP, 4. Urea 110 BC,

現同樣肥料處理施稻殼處理者比不施者，回收率較高，可見稻殼不僅可改進土壤物理性，亦可增進水稻根之活力而加强吸收氮之能力。

植體養分濃度，施爐渣者在彰化竹塘試區（表9），植株穀粒之N和$K_2O$%皆較低，而 $P_2O_5$ 的濃度較高。而在屏東新埤試區（表10），施爐渣者穀粒之 $P_2O_5$ 養分濃度較高外，其餘植體或穀粒的N、$P_2O_5$ 及 $K_2O$ 養分濃度皆有降低的現象，此與施爐渣造成養分流失，植株吸收降低，而導致產量降低有關。

**二、稻殼敷蓋對水稻產量及植體養分狀況的影響**

由四次的田間試驗結果顯示無論一或二期水稻

表 6. 屏東新埤試區七十二年二期水稻之養分狀況

| 處理 | | N, % | | | $P_2O_5$, % | | | $K_2O$, % | | | $SiO_2$, % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 主處理 | 副處理 | 47天 | 穀粒 | 稈 | 47天 | 穀粒 | 稈 | 47天 | 穀粒 | 稈 | 47天 | 穀粒 | 稈 |
| | N-O | 1.51 | 1.18 | 0.75 | 0.52 | 0.62 | 0.24 | 3.56 | 0.38 | 2.10 | 4.00 | 0.94 | 3.68 |
| | Urea-47.4 BC | 1.63 | 1.16 | 0.76 | 0.60 | 0.65 | 0.26 | 3.34 | 0.41 | 2.12 | 4.07 | 1.08 | 3.72 |
| | USG-47.4 DP | 1.80 | 1.28 | 0.84 | 0.57 | 0.63 | 0.26 | 3.29 | 0.40 | 1.83 | 3.96 | 0.98 | 4.44 |
| | USG-47.4 DP RH | 1.82 | 1.24 | 0.69 | 0.64 | 0.56 | 0.27 | 3.64 | 0.40 | 2.38 | 4.59 | 1.08 | 5.17 |
| | Urea-94.8 BC | 1.56 | 1.18 | 0.73 | 0.58 | 0.67 | 0.21 | 3.44 | 0.37 | 2.18 | 4.12 | 1.13 | 4.16 |
| | Urea-94.8 BC RH | 1.60 | 1.24 | 0.76 | 0.59 | 0.63 | 0.25 | 3.71 | 0.38 | 2.18 | 4.84 | 1.07 | 4.83 |
| | USG-94.8 DP | 2.03 | 1.27 | 0.85 | 0.68 | 0.54 | 0.29 | 3.46 | 0.39 | 1.99 | 3.68 | 1.02 | 4.15 |
| | USG-94.8 DP RH | 1.99 | 1.29 | 0.77 | 0.63 | 0.59 | 0.30 | 3.57 | 0.40 | 2.17 | 4.60 | 1.15 | 5.61 |
| 爐渣 | N-O | 1.71 | 1.20 | 0.75 | 0.60 | 0.65 | 0.22 | 3.06 | 0.39 | 2.08 | 3.99 | 0.85 | 3.74 |
| | Urea-47.4 BC | 1.63 | 1.19 | 0.71 | 0.61 | 0.63 | 0.20 | 3.09 | 0.41 | 2.04 | 4.02 | 0.81 | 3.98 |
| | USG-47.4 DP | 1.82 | 1.23 | 0.70 | 0.67 | 0.61 | 0.18 | 3.14 | 0.37 | 1.91 | 4.42 | 0.89 | 3.80 |
| | USG-47.4 DP RH | 2.09 | 1.28 | 0.66 | 0.71 | 0.80 | 0.20 | 3.49 | 0.40 | 1.97 | 4.47 | 1.20 | 4.82 |
| | Urea-94.8 BC | 1.67 | 1.22 | 0.73 | 0.62 | 0.65 | 0.23 | 3.08 | 0.40 | 1.97 | 3.86 | 0.92 | 3.54 |
| | Urea-94.8 BC RH | 1.73 | 1.31 | 0.66 | 0.68 | 0.67 | 0.23 | 3.46 | 0.42 | 2.09 | 4.32 | 0.94 | 5.22 |
| | USG-94.8 DP | 2.47 | 1.37 | 0.87 | 0.79 | 0.65 | 0.27 | 3.34 | 0.42 | 1.99 | 4.09 | 0.72 | 3.72 |
| | USG-94.8 DP RH | 2.73 | 1.40 | 0.83 | 0.81 | 0.66 | 0.28 | 3.70 | 0.42 | 2.13 | 4.47 | 1.17 | 4.84 |
| L. S. D. | 爐渣 5% | 0.15 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.16 | 0.01 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.13 |
| | 爐渣 1% | 0.20 | 0.06 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.21 | 0.02 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.18 |
| | 稻殼 5% | 0.18 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.19 | 0.02 | 0.12 | 0.13 | 0.07 | 0.22 |
| | 稻殼 1% | 0.24 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.26 | 0.03 | 0.16 | 0.16 | 0.10 | 0.30 |
| | 肥料 5% | 0.30 | 0.09 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.32 | 0.03 | 0.20 | 0.15 | 0.12 | 0.26 |
| | 肥料 1% | 0.40 | 0.12 | 0.06 | 0.08 | 0.08 | 0.05 | 0.43 | 0.04 | 0.27 | 0.20 | 0.16 | 0.35 |

加蓋稻殼後都有增產的效果，尤其二期稻之撒施及低施肥量處理者，更有減少因施爐渣而造成減產的嚴重性（表3、4、7、8）。臺中試區七十年二期水稻無論氮肥撒施或深施，若再敷蓋稻殼其產量皆增加（6—16%），分析農藝狀況（表3）以分蘗數增加最爲明顯，氮肥回收率亦提高。

屏東新埤試區七十一年二期及七十年一期之結果（表4、8），顯示無論何種肥料處理，若加施稻殼，水稻之有效分蘗數都有增加，且大部分達顯著平準，有效分蘗太多有降低千粒重之現象，若分蘗數未增加者，則其千粒重往往亦可因加施稻殼而增加。

**表 7. 彰化竹塘試區七十一年一期水稻之農藝性狀**

| 處理 主處理 | 處理 副處理 | 穀產量 | 相對指標 | 稈產量 | 千粒重 | 分蘗數 63天 | 分蘗數 收穫 | 氮回收率 | 株高 63天 | 株高 收穫 | 穀／稈 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kg/ha | | kg/ha | g | 株／欉 | | % | —cm— | | |
| | N-O | 5,103 | 85 | 5,649 | 22.7 | 24.3 | 21 | | 53 | 88 | 1.06 |
| | Urea-47.4 BC | 5,922 | 99 | 6,342 | 22.3 | 27.1 | 25 | 38 | 53 | 90 | 1.16 |
| | USG-47.4 DP | 6,615 | 110 | 8,547 | 23.4 | 27.9 | 24 | 74 | 58 | 97 | 0.93 |
| | USG-47.4 DP RH | 6,636 | 110 | 8,337 | 22.0 | 30.7 | 23 | 69 | 57 | 98 | 0.95 |
| | Urea-94.8 BC | 6,006 | 100 | 8,085 | 21.7 | 29.6 | 24 | 34 | 56 | 94 | 0.89 |
| | Urea-94.8 BC RH | 6,846 | 114 | 8,568 | 22.7 | 30.2 | 23 | 34 | 54 | 94 | 0.96 |
| | USG-94.8 DP | 6,006 | 100 | 8,085 | 21.7 | 31.8 | 28 | 30 | 59 | 102 | 0.91 |
| | USG-94.8 DP RH | 6,846 | 114 | 9,639 | 21.5 | 34.8 | 31 | 42 | 58 | 108 | 0.84 |
| 爐渣 | N-O | 5,859 | 97 | 6,447 | 22.6 | 24.4 | 20 | | 54 | 87 | 1.00 |
| | Urea-47.4 BC | 5,901 | 98 | 7,392 | 22.0 | 24.5 | 22 | 40 | 56 | 90 | 0.90 |
| | USG-47.4 DP | 6,111 | 102 | 7,812 | 23.2 | 29.2 | 27 | 50 | 59 | 95 | 0.93 |
| | USG-47.4 DP RH | 7,308 | 122 | 9,303 | 23.7 | 30.6 | 25 | 89 | 60 | 96 | 0.96 |
| | Urea-94.8 BC | 6,510 | 108 | 9,135 | 23.8 | 26.2 | 21 | 33 | 57 | 92 | 0.88 |
| | Urea-94.8 BC RH | 7,035 | 117 | 9,450 | 23.1 | 26.2 | 22 | 42 | 55 | 92 | 0.95 |
| | USG-94.8 DP | 6,069 | 101 | 10,437 | 22.1 | 32.3 | 27 | 47 | 63 | 107 | 0.73 |
| | USG-94.8 DP RH | 7,077 | 118 | 10,290 | 20.4 | 32.3 | 30 | 51 | 64 | 101 | 0.83 |
| L. S. D. | 爐渣 | 294 | 5 | 567 | 0.8 | 1.0 | 2.0 | | 1 | N. S. | |
| | | 399 | 7 | 756 | 1.1 | 1.3 | | | | | |
| | 稻殼 | 336 | 6 | 651 | 0.9 | 1.1 | 2.0 | | 1 | N. S. | |
| | | 462 | 8 | 882 | 1.2 | 1.5 | | | | | |
| | 肥料 | 840 | 14 | 1,596 | 1.6 | 2.0 | 3 | | 1 | 2 | |
| | | 1,134 | 19 | 2,142 | 2.1 | 2.6 | 4 | | | 3 | |

BC : Broadcasting, DP : Deep placement, RH : Rice hull.

植體養分狀況方面，由資料顯示（表 6 、10）施稻殼者，其植株、穀或稈之 $K_2O$ 及 $SiO_2$ 含量都明顯提高，且達極顯著平準，N 及 $P_2O_5$ 的含量亦有提高的趨勢，因此普遍提高氮肥回收率，尤其施爐渣處理加蓋稻殼者，更能提高氮肥回收率，減緩因施用爐渣而導穀產量減低之嚴重性。

彰化竹塘試區由資料（表 7 、 9 ）顯示，其加施稻殼者，對穀產量及養分狀況的影響與屏東地區相似，只有穀與稈之 $P_2O_5$ 濃度，施爐渣加施稻殼後反而降低。

**三、不同施肥處理在不同期作下，土壤養分狀況之比較**

表 8. 屏東新埤試區七十一年一期水稻之農藝性狀

| 處理：主處理 | 處理：副處理 | 穀產量 | 相對指標 | 稈產量 | 千粒重 | 分蘗數（收穫） | 氮回收率 | 株高 62天 | 株高 收穫 | 穀／稈 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kg/ha | | kg/ha | g | 株／欉 | % | —cm— | | |
| | N-O | 5,439 | 77 | 5,111 | 24.0 | 15.1 | | 49 | 84 | 1.31 |
| | Urea-47.4 BC | 6,949 | 98 | 6,553 | 23.4 | 19.6 | 37 | 50 | 91 | 1.31 |
| | USG-47.4 DP | 7,126 | 101 | 7,510 | 23.3 | 22.7 | 77 | 52 | 95 | 1.11 |
| | USG-47.4 DP RH | 7,304 | 103 | 8,990 | 23.3 | 26.2 | 100 | 50 | 98 | 1.01 |
| | Urea-94.8-BC | 7,082 | 100 | 8,366 | 23.7 | 20.2 | 34 | 51 | 95 | 1.05 |
| | Urea-94.8 BC RH | 7,770 | 110 | 7,596 | 23.0 | 22.9 | 29 | 50 | 96 | 1.23 |
| | USG-94.8 DP | 8,028 | 113 | 8,879 | 22.2 | 26.3 | 73 | 52 | 100 | 1.11 |
| | USG-94.8 DP RH | 7,768 | 110 | 7,712 | 22.4 | 26.7 | 65 | 51 | 104 | 1.25 |
| | N-O | 5,195 | 73 | 5,234 | 24.2 | 16.9 | | 47 | 85 | 1.23 |
| 爐 | Urea-47.4-BC | 6,238 | 88 | 5,376 | 24.2 | 17.3 | 2 | 49 | 89 | 1.22 |
| | USG-47.4-DP | 6,484 | 92 | 7,409 | 23.0 | 20.9 | 26 | 52 | 94 | 1.10 |
| | USG-47.4-DP RH | 6,815 | 96 | 8,727 | 22.5 | 24.8 | 83 | 51 | 96 | 1.02 |
| | Urea-94.8-BC | 6,882 | 97 | 6,017 | 23.7 | 19.3 | 17 | 50 | 95 | 1.05 |
| | Urea-94.8-BC RH | 6,904 | 97 | 7,150 | 23.5 | 23.8 | 19 | 52 | 96 | 1.27 |
| 渣 | USG-94.8-DP | 6,869 | 97 | 9,382 | 22.4 | 26.3 | 51 | 53 | 100 | 1.00 |
| | USP-94.8-DP RH | 7,637 | 108 | 10,720 | 22.9 | 28.1 | 77 | 51 | 102 | 0.96 |
| L. S. D. | 爐 渣 5% | 286 | 4 | 597 | N. S. | 1.9 | | N. S. | 2 | |
| | 爐 渣 1% | 374 | 5 | 777 | | | | | | |
| | 稻 殼 5% | 333 | 5 | 666 | N. S. | 2.2 | | 1 | 2 | |
| | 稻 殼 1% | 444 | 6 | 910 | | | | | 3 | |
| | 肥 料 5% | 792 | 11 | 1,642 | N. S. | 3.8 | | 1 | 3 | |
| | 肥 料 1% | 1,078 | 15 | 2,220 | | 5.1 | | | 4 | |

BC : Broadcasting,　DP : Deep placement,　RH : Rice hull.

由表11及12，屏東新埤試區在相同地點與肥料處理下不同期作之資料，可發現土壤交換性氮在二期作比一期作容易消失，USG 深施二期作在施肥後21天，土壤交換性氮已降至 100ppm 以下，一期作在施氮肥後34天，其交換性氮，高至 200ppm以上。土壤有效性矽在植後47天，施稻殼處理者顯著提高，但施爐渣後再施稻殼者，反而降低土壤有效性矽。收成時，施爐渣及施稻殼者土壤有效性矽，皆極顯著的提高。

以臺中二期（表13）與屏東二期（表11）之比較，可發現臺中土壤交換性氮在生長期比屏東地區高，於水稻收成時反較低，因臺中試區含有膨脹性

**表 9. 彰化竹塘試區七十一年一期水稻之養分狀況**

| 處理 | | | N, % | | | $P_2O_5$, % | | | $K_2O$, % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 主處理 | 副處理 | | 63 天 | 穀粒 | 稈 | 63 天 | 穀粒 | 稈 | 63 天 | 穀粒 | 稈 |
| | N-O | | 2.02 | 0.79 | 0.29 | 0.71 | 0.79 | 0.73 | 3.74 | 0.55 | 2.53 |
| | Urea-47.4-BC | | 2.23 | 0.88 | 0.29 | 0.73 | 0.89 | 0.79 | 4.04 | 0.62 | 2.44 |
| | USG-47.4-DP | | 2.88 | 0.82 | 0.40 | 0.82 | 0.84 | 0.73 | 4.94 | 0.60 | 2.12 |
| | USG-47.4-DP RH | | 2.62 | 0.85 | 0.36 | 0.71 | 0.87 | 0.74 | 4.99 | 0.63 | 2.07 |
| | Urea-94.8-BC | | 2.59 | 0.83 | 0.45 | 0.73 | 0.77 | 0.66 | 4.99 | 0.54 | 3.49 |
| | Urea-94.8-BC RH | | 2.49 | 0.87 | 0.31 | 0.80 | 0.96 | 0.89 | 5.24 | 0.70 | 3.37 |
| | USG-94.8-DP | | 3.11 | 0.85 | 0.37 | 0.86 | 0.77 | 0.69 | 4.62 | 0.54 | 3.25 |
| | USG-94.8-DP RH | | 2.95 | 0.88 | 0.34 | 0.82 | 0.88 | 0.80 | 4.14 | 0.64 | 3.77 |
| 爐渣 | N-O | | 1.90 | 0.67 | 0.33 | 0.73 | 0.91 | 0.81 | 4.22 | 0.56 | 2.57 |
| | Urea-47.4 BC | | 1.90 | 0.83 | 0.38 | 0.71 | 0.85 | 0.79 | 3.61 | 0.57 | 2.51 |
| | USG-47.4 DP | | 2.28 | 0.85 | 0.34 | 0.74 | 0.91 | 0.82 | 3.89 | 0.66 | 3.07 |
| | USG-47.4 DP RH | | 2.46 | 0.85 | 0.34 | 0.78 | 0.78 | 0.71 | 4.52 | 0.63 | 2.35 |
| | Urea-94.8 BC | | 2.18 | 0.81 | 0.37 | 0.73 | 0.86 | 0.79 | 3.99 | 0.56 | 2.38 |
| | Urea-94.8 BC RH | | 2.12 | 0.80 | 0.41 | 0.73 | 0.78 | 0.73 | 4.11 | 0.67 | 2.79 |
| | USG-94.8 DP | | 2.91 | 0.85 | 0.42 | 0.85 | 0.87 | 0.80 | 4.67 | 0.76 | 2.38 |
| | USG-94.8 DP RH | | 2.89 | 0.81 | 0.42 | 0.83 | 0.72 | 0.73 | 4.64 | 0.72 | 2.51 |
| L. S. D. | 爐渣 | 5% | 0.10 | N. S. | 0.05 | 0.02 | 0.06 | 0.05 | 0.16 | 0.06 | 0.36 |
| | | 1% | 0.14 | | 0.07 | 0.03 | 0.08 | 0.07 | 0.21 | 0.08 | 0.49 |
| | 稻殼 | 5% | 0.12 | N. S. | N. S. | N. S. | 0.07 | 0.06 | 0.18 | 0.07 | N. S. |
| | | 1% | 0.16 | | | | 0.09 | 0.10 | 0.24 | 0.10 | |
| | 肥料 | 5% | 0.29 | N. S. | 0.12 | 0.05 | 0.11 | 0.12 | 0.44 | 0.13 | 1.02 |
| | | 1% | 0.40 | | 0.17 | 0.07 | 0.16 | 0.17 | 0.59 | 0.17 | 1.38 |

BC : Broadcasting, DP : Deep placement, RH : Rice hull.

粘土礦物，對銨素吸附力較大，而屏東試區因土壤有機質含量高，故收成時尚含較多交換性氮。

彰化竹塘試區土壤養分狀況，施稻殼處理增加土壤交換性鉀，加施爐渣後此現象即消失。施爐渣明顯降低土壤有效性磷，且達極顯著平準，加施稻殼處理可減少其降低程度。此與李與楊（1976）報告施用稻殼可增加土壤有效性磷之結果一致。

**四、USG 深施之肥效**

USG 深施可提高二期稻產量（表3、4），臺中試區土壤含有膨脹性粘土礦物，對銨之吸附力較大，故肥效大於不含膨脹性粘土礦物的屏東試區，前者可增產16%—18%，而後者只增產3%，前

**表 10.** 屏東新埤試區七十一年一期水稻之養分狀況

| 處理 | | N, % | | | $P_2O_5$, % | | | $K_2O$, % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 主處理 | 副處理 | 62 天 | 穀粒 | 稈 | 62 天 | 穀粒 | 稈 | 62 天 | 穀粒 | 稈 |
| | N-O | 2.74 | 1.06 | 0.43 | 0.79 | 0.84 | 0.14 | 3.28 | 0.42 | 2.71 |
| | Urea-47.4 BC | 2.62 | 1.00 | 0.41 | 0.81 | 0.81 | 0.13 | 3.14 | 0.43 | 2.50 |
| | USG-47.4 DP | 2.65 | 1.08 | 0.43 | 0.80 | 0.71 | 0.16 | 3.11 | 0.40 | 2.78 |
| | USG-47.4 DP RH | 3.21 | 1.03 | 0.48 | 0.86 | 0.78 | 0.16 | 3.56 | 0.42 | 3.06 |
| | Urea-94.8 BC | 2.99 | 1.04 | 0.40 | 0.83 | 0.86 | 0.15 | 3.21 | 0.49 | 2.38 |
| | Urea-94.8 BC RH | 3.08 | 0.97 | 0.37 | 0.81 | 0.81 | 0.12 | 3.46 | 0.39 | 2.48 |
| | USG-94.8 DP | 3.27 | 1.12 | 0.58 | 0.88 | 0.83 | 0.26 | 2.86 | 0.40 | 2.36 |
| | USG-94.8 DP RH | 3.45 | 1.14 | 0.57 | 0.89 | 0.96 | 0.34 | 3.44 | 0.40 | 2.63 |
| 爐渣 | N-O | 2.87 | 0.98 | 0.37 | 0.79 | 0.95 | 0.13 | 3.59 | 0.40 | 2.56 |
| 爐渣 | Urea-47.4 BC | 2.78 | 0.96 | 0.37 | 0.83 | 0.80 | 0.15 | 3.56 | 0.43 | 2.43 |
| 爐渣 | USG-47.4 DP | 3.22 | 0.93 | 0.39 | 0.83 | 0.93 | 0.15 | 3.39 | 0.37 | 2.49 |
| 爐渣 | USG-47.4 DP RH | 3.43 | 1.10 | 0.38 | 0.77 | 1.10 | 0.16 | 3.26 | 0.38 | 2.36 |
| 爐渣 | Urea-94.8 BC | 2.98 | 0.99 | 0.36 | 0.83 | 0.99 | 0.14 | 3.59 | 0.36 | 2.31 |
| 爐渣 | Urea-94.8 BC RH | 3.04 | 0.96 | 0.34 | 0.81 | 0.96 | 0.14 | 3.64 | 0.40 | 2.64 |
| 爐渣 | USG-94.8 DP | 3.48 | 1.08 | 0.44 | 0.84 | 1.08 | 0.22 | 3.29 | 0.38 | 2.86 |
| 爐渣 | USG-94.8 DP RH | 3.59 | 1.11 | 0.49 | 0.81 | 1.11 | 0.27 | 3.31 | 0.42 | 2.83 |
| L. S. D. | 爐渣 5% | 0.10 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.04 | N. S. | 0.12 | 0.03 | N. S. |
| L. S. D. | 爐渣 1% | 0.13 | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | | 0.16 | 0.04 | |
| L. S. D. | 稻殼 5% | 0.11 | N. S. | N. S. | N. S. | 0.06 | N. S. | 0.13 | N. S. | N. S. |
| L. S. D. | 稻殼 1% | 0.15 | | | | 0.09 | | 0.18 | | |
| L. S. D. | 肥料 5% | 0.28 | 0.12 | 0.09 | 0.05 | 0.13 | 0.09 | 0.33 | N. S. | N. S. |
| L. S. D. | 肥料 1% | 0.38 | 0.16 | 0.12 | 0.07 | 0.15 | 0.12 | 0.44 | | |

BC : Broadcasting, DP : Deep placement, RH : Rice hull.

者以普通施肥量之半量者，尙可增產14%，後者如施用半量肥料却減產5%。施用稻殼更可加强深施效益，臺中試區因而增產34%，屏果試區亦可增產10%。

屏果試區兩期之試驗結果（表4、8）可知深施的效益，一期稻高於二期稻，而施稻殼的效益是二期稻高於一期稻。

**表 11. 屏東新埤試區七十年二期水稻田土壤養分狀況**

| 處理 | | 鹽交換性氮 | | | 土壤 $SiO_2$ | | 收穫時 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 主處理 | 副處理 | 21天 | 47天 | 收穫 | 47天 | 收穫 | pH | 交換性鉀 | 有效性磷 | 有機質 | 全氮 |
| | | ppm | | | | | | ppm | | % | |
| | N-O | 36 | 14 | 14 | 423 | 346 | 7.2 | 60 | 8 | 4.6 | 0.36 |
| | Urea-47.4 BC | 41 | 11 | 24 | 484 | 319 | 7.2 | 62 | 7 | 4.8 | 0.37 |
| | USG-47.4 DP | 59 | 41 | 21 | 474 | 337 | 7.3 | 48 | 7 | 4.7 | 0.37 |
| | USG-47.4 DP RH | 36 | 19 | 16 | 1,548 | 523 | 7.2 | 65 | 8 | 5.0 | 0.40 |
| | Urea-94.8 BC | 41 | 7 | 22 | 593 | 313 | 7.2 | 52 | 9 | 4.5 | 0.38 |
| | Urea-94.8 BC RH | 32 | 10 | 19 | 1,229 | 653 | 7.2 | 72 | 11 | 4.4 | 0.36 |
| | UGS-94.8 DP | 47 | 58 | 22 | 478 | 333 | 7.2 | 55 | 7 | 4.8 | 0.36 |
| | USG-94.8 DP RH | 132 | 24 | 21 | 1,109 | 387 | 7.2 | 58 | 9 | 5.0 | 0.39 |
| 爐渣 | N-O | 47 | 7 | 12 | 1,055 | 647 | 7.3 | 65 | 11 | 4.5 | 0.39 |
| | Urea-47.4 BC | 39 | 12 | 21 | 421 | 383 | 7.2 | 52 | 7 | 4.9 | 0.40 |
| | USG-47.4 DP | 103 | 15 | 28 | 724 | 438 | 7.2 | 60 | 8 | 5.0 | 0.40 |
| | USG-47.4 DP RH | 39 | 16 | 23 | 508 | 596 | 7.2 | 87 | 7 | 5.0 | 0.39 |
| | Urea-94.8 BC | 44 | 12 | 14 | 969 | 482 | 7.2 | 58 | 11 | 5.0 | 0.39 |
| | Urea-94.8 BC RH | 33 | 33 | 28 | 522 | 538 | 7.2 | 60 | 10 | 5.0 | 0.40 |
| | USG-94.8 DP | 38 | 42 | 19 | 649 | 494 | 7.2 | 47 | 7 | 4.8 | 0.40 |
| | USG-94.8 DP RH | 47 | 18 | 20 | 574 | 718 | 7.2 | 62 | 13 | 4.8 | 0.39 |
| L. S. D. 爐渣 | 5% | N. S. | N. S. | N. S. | 73 | 69 | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. |
| | 1% | | | | 96 | 93 | | | | | |
| L. S. D. 稻殼 | 5% | N. S. | N. S. | N. S. | 85 | 82 | N. S. | 12 | N. S. | N. S. | N. S. |
| | 1% | | | | 115 | 112 | | 17 | | | |
| L. S. D. 肥料 | 5% | N. S. | N. S. | N. S. | 140 | 137 | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. |
| | 1% | | | | 189 | 186 | | | | | |

BC : Broadcasting, DP : Deep placement, RH : Rice hull.

表 12. 屏東新埤試區七十一年一期水稻田土壤養分狀況

| 處理 | | 鹽交換性氮 | | | 交換性鉀 | | (收 | | | 穫) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 主處理 | 副處理 | 34 天 | 60 天 | 收穫 | 60 天 | 收穫 | 有效性磷 | 全氮 | 有機質 | pH |
| | | ppm | | | | | | % | | |
| | N-O | 52 | 15 | 13 | 71 | 60 | 3 | 0.36 | 3.9 | 6.9 |
| | Urea-47.4 BC | 30 | 13 | 8 | 67 | 58 | 5 | 0.36 | 3.9 | 6.9 |
| | USG-47.4 DP | 118 | 12 | 7 | 69 | 55 | 3 | 0.38 | 3.9 | 7.0 |
| | USG-47.4 DP RH | 70 | 5 | 22 | 73 | 57 | 4 | 0.37 | 3.8 | 7.0 |
| | Urea-94.8 BC | 38 | 12 | 33 | 69 | 55 | 4 | 0.39 | 4.0 | 7.0 |
| | Urea-94.8 BC RH | 35 | 14 | 22 | 79 | 54 | 5 | 0.41 | 4.0 | 7.0 |
| | USG-94.8 DP | 472 | 17 | 30 | 59 | 53 | 3 | 0.39 | 3.8 | 7.0 |
| | USG-94.8 DP RH | 286 | 26 | 26 | 75 | 52 | 4 | 0.40 | 4.0 | 6.9 |
| 爐渣 | N-O | 32 | 17 | 21 | 76 | 57 | 4 | 0.39 | 4.2 | 7.0 |
| | Urea-47.4 BC | 37 | 10 | 17 | 71 | 60 | 4 | 0.39 | 4.0 | 7.0 |
| | USG-47.4 DP | 134 | 10 | 31 | 62 | 55 | 5 | 0.42 | 3.8 | 7.0 |
| | USG-47.4 DP RH | 124 | 15 | 16 | 77 | 58 | 6 | 0.40 | 4.2 | 7.0 |
| | Urea-94.8 BC | 41 | 5 | 12 | 65 | 55 | 4 | 0.39 | 4.0 | 7.0 |
| | Urea-94.8 BC RH | 42 | 24 | 20 | 77 | 62 | 6 | 0.40 | 4.2 | 7.0 |
| | USG-94.8 DP | 301 | 7 | 13 | 68 | 58 | 8 | 0.40 | 3.9 | 7.0 |
| | USG-94.8 DP RH | 293 | 48 | 16 | 89 | 57 | 4 | 0.40 | 4.2 | 7.0 |
| L. S. D. | 爐渣 5% 1% | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. |
| | 稻殼 5% 1% | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. |
| | 肥料 5% 1% | 193<br>260 | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. |

BC : Broadcasting, DP : Deep placement, RH : Rice hull.

表 13. 臺中試區七十年二期水稻田土壤養分狀況

| 處理 | | 鹽交換性氮 | | | pH | | 收穫 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 主處理 | 副處理 | 21 天 | 48 天 | 收穫 | 48 天 | 收穫 | 有機質 | 全氮 | 有效性磷 | 交換性鉀 | 土壤矽 |
| | | ppm | | | | | % | | ppm | | |
| | 1 | 29 | 71 | 8 | 6.4 | 6.3 | 1.02 | 0.08 | 6 | 47 | 262 |
| | 2 | 58 | 115 | 8 | 6.8 | 6.6 | 1.13 | 0.10 | 13 | 45 | 242 |
| | 3 | 85 | 51 | 17 | 6.3 | 7.3 | 1.30 | 0.08 | 12 | 47 | 212 |
| | 4 | 20 | 37 | 5 | 6.1 | 7.5 | 1.12 | 0.10 | 10 | 48 | 178 |
| 爐渣 | 1 | 119 | 65 | 7 | 6.8 | 6.2 | 1.21 | 0.09 | 12 | 42 | 248 |
| | 2 | 144 | 67 | 8 | 6.7 | 7.2 | 1.19 | 0.10 | 12 | 48 | 285 |
| | 3 | 134 | 47 | 3 | 6.7 | 7.0 | 1.02 | 0.09 | 10 | 40 | 262 |
| | 4 | 11 | 33 | 12 | 7.1 | 7.0 | 1.32 | 0.09 | 10 | 47 | 348 |
| 稻殼 | 1 | 192 | 32 | 7 | 6.7 | 6.7 | 1.12 | 0.08 | 9 | 52 | 266 |
| | 2 | 32 | 52 | 10 | 7.0 | 6.2 | 1.37 | 0.09 | 13 | 40 | 266 |
| | 3 | 123 | 47 | 20 | 6.8 | 6.8 | 1.17 | 0.10 | 13 | 53 | 205 |
| | 4 | 16 | 52 | 12 | 7.0 | 7.1 | 1.11 | 0.09 | 12 | 45 | 196 |
| N-O | | 10 | 16 | 7 | 6.3 | 7.2 | 1.15 | 0.10 | 17 | 55 | 168 |
| L. S. D. 主 | 5% | 77 | N. S. | N. S. | 0.4 | 0.2 | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | 551 |
| | 1% | 127 | | | 0.6 | 0.4 | | | | | 68 |
| L. S. D. 副 | 5% | 57 | 30 | N. S. | 0.4 | 0.6 | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. | 59 |
| | 1% | 78 | | | 0.5 | 0.8 | | | | | 79 |

1. USG 44 DP Urea BC, 2. USG 66 DP 22 Urea BC, 3. USG 88 DP, 4. Urea 110 BC.

表 14. 彰化竹塘試區七十一年一期水稻田土壤養分狀況

| 主處理 | 副處理 | 鹽交換性氮 35天 | 鹽交換性氮 收穫 | 有效性磷 35天 | 有效性磷 63天 | 有效性磷 收穫 | (收穫) 交換性鉀 | (收穫) 全氮 | (收穫) 有機質 | (收穫) pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ppm | | | | | % | | | |
| | N-O | 33 | 30 | 87 | 56 | 71 | 60 | 0.16 | 2.45 | 7.6 |
| | Urea-47.4 BC | 47 | 39 | 84 | 41 | 73 | 57 | 0.19 | 2.54 | 7.5 |
| | USG-47.4 DP | 142 | 24 | 86 | 35 | 73 | 49 | 0.18 | 2.41 | 7.6 |
| | USG-47.4 DP RH | 103 | 27 | 95 | 40 | 70 | 53 | 0.19 | 2.67 | 7.5 |
| | Urea-94.8 BC | 48 | 29 | 97 | 34 | 85 | 49 | 0.20 | 2.85 | 7.5 |
| | Urea-94.8 BC RH | 115 | 30 | 85 | 32 | 85 | 64 | 0.21 | 2.99 | 7.6 |
| | USG-94.8 DP | 106 | 32 | 91 | 42 | 85 | 46 | 0.20 | 2.92 | 7.6 |
| | USG-94.8 DP RH | 98 | 44 | 89 | 49 | 83 | 50 | 0.19 | 3.00 | 7.7 |
| 爐渣 | N-O | 24 | 32 | 71 | 38 | 68 | 56 | 0.19 | 2.54 | 7.6 |
| | Urea-47.4 BC | 24 | 28 | 58 | 35 | 58 | 56 | 0.18 | 2.57 | 7.6 |
| | USG-47.4 DP | 110 | 29 | 59 | 39 | 63 | 55 | 0.19 | 2.59 | 7.7 |
| | USG-47.4 DP RH | 173 | 26 | 71 | 39 | 79 | 48 | 0.18 | 2.77 | 7.7 |
| | Urea-94.8 BC | 120 | 25 | 60 | 44 | 64 | 50 | 0.19 | 2.62 | 7.6 |
| | Urea-94.8 BC RH | 112 | 25 | 73 | 43 | 70 | 57 | 0.20 | 2.61 | 7.6 |
| | USG-94.8 DP | 258 | 31 | 46 | 47 | 50 | 51 | 0.20 | 2.71 | 7.7 |
| | USG-94.8 DP RH | 327 | 25 | 68 | 44 | 66 | 49 | 0.19 | 2.79 | 7.6 |
| L. S. D. | 爐渣 5% | 34 | N. S. | 7 | N. S. | 5 | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. |
| | 爐渣 1% | 46 | | 9 | | 7 | | | | |
| | 稻殼 5% | 49 | N. S. | 12 | N. S. | 9 | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. |
| | 稻殼 1% | 66 | | 15 | | 12 | | | | |
| | 肥料 5% | 97 | N. S. | 19 | N. S. | 15 | N. S. | N. S. | N. S. | N. S. |
| | 肥料 1% | 131 | | 25 | | 20 | | | | |

BC : Broadcasting, DP : Deep placement, RH : Rice hull.

## 引用文獻


1. 青峰重範、莊作權 。1978 。臺灣水稻田土壤之銨吸附性質及氮素供應能力之研究（一）水田土壤中銨離子之吸附與移動 。科學月刊 6（2）：1174-1183.
2. 洪崑煌、景種、劉天斌。1980。水稻田氮素肥培管理之初步研究。科學月刊 8（8）：703-710.
3. 莊作權、紀秋來、譚鎮中及青峰重範。1979。臺灣水稻田土壤之銨吸附性質及氮素供應能力之研究。（二）水田土壤中氮素之變化及潛在肥力。科學月刊 7（8）：820-829.
4. 黃和炎、施宗禮。1979。水稻矽酸爐渣長期施用觀察試驗。稻作改艮年報。
5. 謝烱明、黃山內、王錦堂。1979。矽酸鈣施用示範。稻作改艮年報。
6. 李宿淵、楊策群。1976。水分管理和施用穀殼對土壤肥力和水稻產量之影響，學士論文。
7. Byrnes, B. H., P. L. G. Vlek, E. T. Craswell. 1979. The pronise and problems of super-granules for rice fertilization. Third Review Meeting of I. N. P. U. T. S.
8. Craswell E. T., P. L. G. Vlek, Nitrogen utilization by rice as affected by fertilizer source and management. S. S. S. A. J. p. 72.
9. Dennis H. Parish, 1979. Possibilities for the improvement of nitrogen fertilizer efficiency in rice production. I. F. D. C.
10. Juang, T. C. ane C. C. Tann, 1980. Increasing nitrogen efficiency under flooded paddy conditions in Taiwan. Chinese Agr. Chem. Soc. 18 (3-4) : 21-30.
11. Juang, T. C. 1980. Increasing nitrogen efficiency through deep placement of urea super-granules under tropical and subtropical paddy conditions. ASPAC-FFTC Book Series No. 18, pp. 83-101.
12. Juang, T. C. 1982. Increasing nitrogen efficiency through deep placement of urea super-granules and other modified urea fertilizers under paddy conditions in Taiwan, Soils and Fatilizers Taiwan. 1982. pp. 37-47, Soc. Soil Sci. and Fert. Tech. of Taiwan.
13. Khind, C. S., and N. P. Datta. 1975. Effect of method and timing of nitrogen application on yield and fertilizer nitrogen utilization by lowland rice. J. Indian Soc. Soil Sci. 23 : 442-446.
14. Koyama, T., and N. Niamscrichland, 1973. Soil-plant nutrition studies on tropical rice VI. The effect of different levels of nitrogenous fertilizer application on plant growth, grain yield, and nitrogen utilization by rice plants. Soil Sci. Plant Nutri. 19 : 265-274.
15. Pande, H. K., and N. K. Adak. 1971. Leaching loss of nitrogen in submerged rice cultivation. Exp. Agric. 7 : 329-336.
16. Savant, N. K., S. K., Datta. 1980. Movement and distribution of ammonium-N following deep placement of urea in a wetland rice soil. S. S. S. A. J. Vol. : 559-563.
17. Vlek, P. L. G., J. M. Stompe, 1978. Effect of soluting chemistry and enviromental conditions on ammonia volatilization losses from aqueous systems. S. S. S. A. J. Vol. : 42, 416-421.

# Increasing Yield of the Second Crop Rice with Improvement of Fertilizer Efficiency and Soil Nitrogen Fertility*

T. C. Juang** and Y. M. Huang

*Department of Soil Science*
*National Chung-Hsing University*
*Taichung, Taiwan 400*
*Republic of China*

## Summary

Increase of N recovery % and grain yield upon USG deep placement, the first rice crop was superior than the second rice crop. For the first rice crop, grain yield increased up to 13%, while N recovery % increased up to 77%. However, it was found grain yield of the second rice crop only increased about 3% at Pingtung Experiment Site, while the N recovery rate increased about 41%, lower than that of the first crop by 36%.

The effect of USG deep placement on grain yield and N recovery rate may be related to existing of expanding clay minerals in soils. As higher amount of expanding clay minerals in Taichung soil, grain yield increased by 18% and N recovery rate increased from 30% to 71%. At Pintung Experiment Site, the soil contains no expanding clay minerals, grain yield only increased by 3% and N recovery rate also increase from 8% to 41%. Increasing the fertilizer efficiency of USG deep placement may be partly attributed to the higher ammonium adaptive nature due to the existence of expanding clay minerals in soils. This may explain why higher N recovery rate of USG deep placement at Taichung site and lower at Pingtung site

Application of rice husk increased not only withe increasing N recovery rate, but also increased with uptake of N and K by rice plant. As respond to the grain yield, it increased about 9% for the second rice crop, and 4% for the first rice crop in general. The use of rice husk also depressed banded sclerotial disease of rice plant which in turn increased grain yield by 9% at Changhua Site.

Based on our results, response of grain yield increase by application of rice husk was much significant than the use of slag. In Pingtung, use of slag even caused slightly yield decline. But with use of slag combined with rice husk, it significantly reduced the tendency of grain yield decline.

* Supported by a grant 1982-4.1-47 (2-1) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

** Present address : ASPAC Food and Fertilizer Technology Center, Taipei , Taiwan, R. O. C.

# 稻田中肥料流失量之觀測*

洪　崑　煌

國立臺灣大學農業化學系

## 摘　要

利用滲濾計觀測龍潭紅壤及溪湖石灰質粘板岩冲積土在水稻栽培期間之氮素流失情形。結果示第一期作期間之排水量比二期作多兩倍上下，在紅壤區第一期平均 66.1 cm，第二期平均 29.5 cm；石灰質粘板岩冲積土則分別爲 31.9 cm 及 18.9 cm。氮之流失量紅壤第一期平均 3.21 kgN/ha，第二期爲 0.16 kg/ha；石灰質粘板岩冲積土則分別爲 0.75 kg/ha 及 0.25 kg/ha。

## 前　言

氮素爲水稻生產上最重要的肥料要素，但水稻吸收的氮素多半來自土壤，氮肥之吸收利用率並不高(川口，1978；原田，1974；洪，1979)。究其原因，一般認爲在浸水狀態下，氮肥容易流失，脫氮，及揮散等作用而損失(川口，1978；Focht, 1979；Mikkelsen and De Datta, 1979)，因而減少水稻之有效吸收利用之機會。但水稻田是最可連作而保持穩定產量的耕作制度，因此其中必然有供應氮素之機制，例如固氮微生物之活動較旱田旺盛，以維持氮之供應能力 (Yamaguchi, 1979)。

有關稻田中氮素之收支問題，在國內幾無資料可以判斷。最近的研究多係探討肥料氮之回收利用率 (Houng and Liu, 1981)，至於未被吸收的部分命運如何，實有確實把握之必要。因此本作者先在國家科學委員會補助經費下建造六座滲濾計，繼而在本計畫下再建造六座，用以測定水田狀態下氮素之流失情形，其初步結果如下文。

## 材料與方法

本研究中先建造 $1\times1\times1\ m^3$ 之方形滲濾計六座，裝塡採自龍潭的紅壤，種植水稻一年。繼而再建造同樣的滲濾計，裝塡溪湖的石灰質冲積土，各土壤處理如下：

一、紅壤

紅壤之六座滲濾計處理如下：

對照區 (C)：不加氮肥。

氮肥區 (N)：加氮肥。

氮肥石灰區 (N, Ca)：加氮肥，並加石灰。

稻草區 (S)：加稻草，每區 400 g。

稻草氮肥區 (SN)：加稻草及氮肥。

稻草氮肥石灰區 (SNCa)：加稻草、氮肥及石灰。

各區均加過磷酸石灰 60 g 與氯化鉀 9.5 g 做爲基肥。氮肥用量爲硫銨 47.2 g，爲基肥、追肥與穗肥 (35：35：30) 三次施用。70年起氮肥量加倍施用。

*行政院農業發展委員會補助計畫70農建—5.1—產—06（2—1）。購置滲濾計經費之半數係國家科學委員會NSC-69B-0409-02（03）計畫補助。研究中曾由本系技士劉天斌、陳啓烈及研究生李達源、張煥正等協助各項觀測工作；又溪湖土壤之採運則承蒙臺灣糖業研究所王副所長傳劉之推介，得溪湖糖廠同仁之協助，謹此一併誌謝。

石灰施用量則經室內保溫法測得要達到pH6.0量，得知為每區 800 g 之碳酸鈣後，以此量施用之。石灰之施用僅在69年第一期作前行之，以後各期則未再加用。

種植品種為臺農67號，$1\ m^3$ 內種植 25 欉，每欉 3 支秧苗。各期種植情形如下（月—日）：

| 年 | 期 | 施稻草 | 施堆肥 | 插秧 | 追肥 | 穗肥 | 收穫 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 69 | 第一期 | II—14 | III—8 | III—10 | IV—26 | V—15 | VII—8 |
| | 第二期 | VII—10 | — | VIII—2 | (VIII— 6, VIII—12) | IX—19 | XI—11 |
| 70 | 第一期 | 69年X—18 | III—10 | III—11 | III—26 | V—13 | VII—1 |
| | 第二期 | VII—7 | VII—16 | VII—17 | VIII—1 | IX—11 | XI—24 |
| 71 | 第一期 | 70年XI—20 | — | III—15 | (III—18, IV— 2) | V—17 | VII—5～VII—9 |
| | 第二期 | VII—14 | — | VIII—6 | (VIII— 2, VIII—23) | IX—24 | XI—17 |

**二、溪湖石灰質黏板岩冲積土**

本土採自溪湖糖廠甘蔗園，依底土，表土之序塡入滲濾計中。底土黏重，表土則為砂質壤土。

本土自70年第一期開始種植，各處理如下：

對照區（C）如同紅壤對照區。

氮肥區（$N_1$）如同紅壤氮肥區。

氮肥倍量區（$N_2$）： 如同氮肥區 ，唯用量加倍。

稻草區（S）：如同紅壤稻草區，每區加400 g稻草。

稻草氮肥區（$SN_1$）：$N_1$ 外，另稻草 400 g。

稻草氮肥倍量區（$SN_2$）： $N_2$ 外，另加稻草 400 g。

其他栽培管理均與紅壤區同時進行。

**三、滲濾水之收集及測定**

各滲濾計流出之水，以塑膠桶收集，每一星期測排水量一次。每星期中，以 1l 燒杯收集約兩小時之排水，做為分析排水中氮含量之用。排水中之氮濃度低，故將其以蒸汽蒸餾於 0.1 N HCl 溶液中，以 Nessler 試藥發色，由吸光度測其氨濃度。另取一定量，加 Devarda 合金，加 NaOH 後同樣蒸汽蒸餾，以 Nessler 試藥發色，定 $NH_4$-N 及 $NO_3$-N 之含量。與前者之差，求得 $NO_3$-N 之濃度。

## 結果與討論

紅壤區滲濾計，自69年第一期開始種植；石灰質黏板岩冲積土滲濾計，則自70年第一期開始種植。在初期栽培中，田土尚未密實化，各處理滲濾量相差很大，又由於人力不足，未能實施全生長期的觀測。至70年第二期作期間，田土已相當穩定，即盡力做全生長期間之觀測工作。

**一、各處理稻穀與稻草收量**

各期作稻穀與稻草收量表示於表 1 。

（一）紅壤區：

本紅壤原為極貧脊的土壤，水稻生長情形不佳，尤其不加氮肥時，生長情形甚差，連作之後，生長情形更差，即不分蘗，株高亦僅達施肥區之三分之一程度。但收量換算為每公頃單位，則可達頗高之數字。由此可見此種小面積滲濾計產量結果，要延伸到田間狀態下之收量，則應小心求得校正係數後方可。

紅壤在無氮肥之供應下栽培水稻，則自首次（69年第一期）之每公頃 3,733 kg 之稻穀收量，至70年第一期降到僅 473 kg 而在 71年第二期微升至571 kg，可見其氮供應能力甚低。加了稻草，則產量更低，可能是 C/N 比高的稻草之加入，使原來即少的土壤中無機氮趨向於有機化，水稻能吸收的氮更加減少。

**Table 1.** Yields of rice grain and straw on a latosolic soil*

| Treatments | | C | N | NCa | S | SN | SNCa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1980—I | Grain | 3,733 | 6,978 | 6,400 | 2,667 | 6,400 | 5,976 |
| | Straw | 3,469 | 5,684 | 5,619 | 3,145 | 5,120 | 3,180 |
| 1980—II | Grain | 3,010 | 4,430 | 4,389 | 1,050 | 3,444 | 3,180 |
| | Straw | 3,720 | 3,268 | 3,293 | 1,650 | 2,681 | 2,392 |
| 1981—I | Grain | 772 | 6,301 | 6,634 | 230 | 5,188 | 7,333 |
| | Straw | 692 | 5,308 | 5,775 | 256 | 4,262 | 5,727 |
| 1981—II | Grain | 489 | 3,567 | 3,704 | 208 | 4,320 | 3,418 |
| | Straw | 312 | 2,605 | 3,050 | 80 | 3,513 | 2,667 |
| 1982—I | Grain | 473 | 4,229 | 5,849 | 590 | 5,815 | 5,987 |
| | Straw | 426 | 4,669 | 5,711 | 485 | 5,978 | 5,502 |
| 1982—II | Grain | 571 | 5,494 | 5,698 | 544 | 3,830 | 3,566 |
| | Straw | 594 | 4,752 | 4,624 | 510 | 3,960 | 3,058 |

*C : Control ; N : 200kg N/ha, applied in 3 doses ; Ca : 8,000 kg $CaCO_3$/ha, applied at the start of 1980—I crop season ; S : 4,000 kg straw/ha, applied after the harvest of each crop.

**Table 2.** Yields of rice grain and straw on a calcareous slate alluvial soil*

| Treatments | | C | $N_1$ | $N_2$ | S | $SN_1$ | $SN_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1981—I | Grain | 3,339 | 7,286 | 7,978 | 2,155 | 7,210 | 7,447 |
| | Straw | 2,275 | 5,968 | 7,064 | 1,871 | 6,349 | 6,738 |
| 1981—II | Grain | 3,138 | 3,489 | 4,153 | 2,933 | 3,702 | 4,038 |
| | Straw | 2,035 | 2,772 | 3,303 | 2,151 | 2,876 | 2,726 |
| 9821—I | Grain | 1,983 | 5,423 | 4,845 | 1,822 | 6,681 | 5,839 |
| | Straw | 1,500 | 4,353 | 5,966 | 1,517 | 5,569 | 6,690 |
| 1982—II | Grain | 2,186 | 6,798 | 7,840 | 4,479 | 7,522 | 8,933 |
| | Straw | 2,480 | 4,960 | 6,960 | 3,216 | 6,240 | 7,600 |

C : Control ; $N_1$ : 200kg N/ha applied in 3 doses ; $N_2$ : 400 kg N/ha applied in 3 doses ; S : 4,000kg straw applied before 1981—I crop season and after the harvest of each crop season then ceafter.

**Table 3.** Effect of straw (% increase in yield)

| Soils | Latosolic Soil | | | Slate Alluvial Soil | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Treatments | C | N | NCa | C | $N_1$ | $N_2$ |
| 1980—I | | | | | | |
| Grain | −29 | − 8 | − 7 | — | — | — |
| Straw | − 9 | −10 | − 4 | — | — | — |
| 1980—II | | | | | | |
| Grain | −65 | −22 | −28 | — | — | — |
| Straw | −56 | −18 | −27 | — | — | — |
| 1981—I | | | | | | |
| Grain | −70 | −18 | +11 | −35 | − 1 | − 7 |
| Straw | −63 | −20 | − 1 | −18 | + 6 | − 5 |
| 1981—II | | | | | | |
| Grain | −57 | +21 | − 8 | − 7 | + 6 | − 9 |
| Straw | −74 | +35 | −13 | + 6 | + 4 | −17 |
| 1982—I | | | | | | |
| Grain | +25 | +38 | + 2 | − 8 | +23 | +21 |
| Straw | +12 | +28 | − 4 | + 1 | +28 | +12 |
| 2198—II | | | | | | |
| Grain | − 5 | −30 | −37 | +105 | +11 | +14 |
| Straw | −14 | −17 | −34 | +30 | +26 | + 9 |

**Table 4.** Effect of lime (% increase in yield) on a latosolic soil

| Treatments | N | SN |
|---|---|---|
| 1980—I | | |
| Grain | − 8<br>− 8 | − 7<br>− 7 |
| Straw | − 1 | + 5 |
| 1980—II | | |
| Grain | − 1 | − 8 |
| Straw | − 8 | −11 |
| 1981—I | | |
| Grain | + 5 | +41 |
| Straw | + 9 | +34 |
| 1981—II | | |
| Grain | + 4 | −21 |
| Straw | +17 | −24 |
| 1982—I | | |
| Grain | +38 | + 3 |
| Straw | +22 | −88 |
| 1982—II | | |
| Grain | + 4 | − 7 |
| Straw | − 3 | −23 |

有氮肥之施用下，N區之首次產量最高，以後即減低，但因年度期作不同而升降，並無隨連作次數增加而逐漸減產之一定趨勢。

稻草之加用效果，表示於表3。由此表可知，大體上稻草施用於紅壤均得減產效果，但有些年度期作中，亦有顯著增加效果的時候。

**Table 5.** Amounts of drainage water and N loss

Latosolica Soil :

| | Treatments | C | N | NCa | S | SN | SNCa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1981—II | Drainage Water | 3.59 | 3.87 | 1.67 | 4.06 | 4.21 | 1.30 |
| | $10^6$ kg/ha, (%) | 100 | 108 | 47 | 113 | 117 | 36 |
| | N loss, kg N/ha | 0.15 | 0.15 | 0.10 | 0.18 | 0.35 | 0.13 |
| | (%) | 100 | 100 | 67 | 120 | 230 | 87 |
| 1982—I | Drainage Water | 7.80 | 6.84 | 7.65 | 6.86 | 7.49 | 3.00 |
| | $10^6$ kg/ha, (%) | 100 | 88 | 98 | 88 | 96 | 38 |
| | N loss, kg N/ha | 0.29 | 2.28 | 12.38 | 0.14 | 3.66 | 0.51 |
| | (%) | 100 | 786 | 4,269 | 48 | 1,262 | 176 |
| 1982—II | Drainage Water | 2.87 | 2.94 | 3.31 | 4.32 | 2.09 | 1.17 |
| | $10^6$ kg/ha, (%) | 100 | 102 | 115 | 151 | 73 | 41 |
| | N loss, kg N/ha | 0.09 | 0.09 | 0.03 | 0.17 | 0.36 | 0.06 |
| | (%) | 100 | 100 | 33 | 189 | 1,400 | 67 |

Slate Alluvial Soil :

| | Treatment | C | $N_1$ | $N_2$ | S | $SN_1$ | $SN_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1981—II | Drainage Water | 1.61 | 1.63 | 1.67 | 1.52 | 1.87 | 1.78 |
| | $10^6$ kg/ha, (%) | 100 | 101 | 104 | 94 | 116 | 111 |
| | N loss, kg N/ha | 0.14 | 0.41 | 0.29 | 0.49 | 0.19 | 0.49 |
| | (%) | 100 | 193 | 207 | 3.50 | 136 | 350 |
| 1982—I | Drainage Water | 2.80 | 3.21 | 4.12 | 3.29 | 3.26 | 2.43 |
| | $10^6$ kg/ha, (%) | 100 | 115 | 147 | 118 | 116 | 87 |
| | N loss, kg N/ha | 0.31 | 0.14 | 3.01 | 0.44 | 0.20 | 0.40 |
| | (%) | 100 | 45 | 1,971 | 142 | 65 | 129 |
| 1982—II | Drainage Water | 1.61 | 1.27 | 2.13 | 1.67 | 1.71 | 4.18 |
| | $10^6$ kg/ha, (%) | 100 | 79 | 132 | 104 | 106 | 260 |
| | N loss, kg N/ha | 0.05 | 0.14 | 0.34 | 0.06 | 0.10 | 0.26 |
| | (%) | 100 | 280 | 680 | 120 | 200 | 520 |

加用石灰之後，對於稻谷產量之影響，則表示於表4。此表之結果示，在氮肥區加用石灰，在開始的二期作中均表現減產效果，但此後之四個作物期中，則多少表現增產效果，尤其71年度第一期作時爲最大，增產率達38%。在稻草氮肥之外，再加石灰，則除70年第一期有顯著的增產效果（41%）外，餘均不顯著或有減產效果。由此可見對紅壤加用石灰及稻草，其效果因年度期別而有不同，實不能成爲必定有效的改良方法。

（二）石灰質黏板岩冲積土

本土係石灰質土壤，不需加用石灰。因此肥料處理分爲 $N_1$ 及 $N_2$，氮肥用量分別爲 200 kg N/ha 及 400 kg N/ha。此肥料用量遠高於實際上田間施用量，但在 1 $m^2$ 的滲濾計中，尙未表現過度繁茂之生長，並不過多。

由表2之結果可知，在不加氮肥而連作水稻時，其收量之減低情形較紅壤緩慢，其自然供氮能力較紅壤爲大。又除71年第一期外，其他各期作中，$N_2$ 區較 $N_1$ 區之產量高。各期作收量之變化，似受各期氣候條件之影響較大，未必因連作而減產，例如在稻草區各肥料處理之收量，以71年第二期爲最高，頭一次種植者（70年第一期）居第二位。沒有加入稻草之各處理，則以開始之一作爲最高，71第二期作居第二位。

稻草之加入，除無氮區在第一次種植時有顯著減產，餘略有減產效果外，從第三作開始有明顯的增產效果，又其在無氮區之增產效果爲大。由此觀之，對石灰質黏板岩土壤，連續加入稻草在第二年後有顯著的增產效果，似有推廣之價値。

**二、滲濾水量及氮流失量**

表5列示各滲濾計各期作中排水量及其中氮之含量。紅壤之排水速度本來相當大，需要充分的攪拌促其分散，減少排水速度，否則漏水過大。雖然本身是黏質土壤其構造爲核狀之極水穩定團粒，故排水速度經充分攪拌成泥狀後，仍爲石灰質黏板岩之兩倍或以上。石灰之加入，有促進其分散而減低排水速度之功能，在稻草之併施下，此作用更受促進，且可維持兩年以上，排水速度減至對照區之一半以下。無稻草之施用下，此效果則只有一年作用，以後反有比對照區加快之趨勢。

石灰質黏板岩冲積土，則表土質地爲砂壤土，本應排水良好，唯因其底土爲黏質土壤，因而阻止其排水，各處理區各期作間排水速度有不規則的變化，似與整地操作有關，與肥料、稻草之處理關係較少。

値得注意的是兩種土壤之排水量，均在71年度第一期作期間較70年及71年度之第二期作爲多，紅壤上有此處理要比第二期大一倍，在石灰質黏板岩冲積土亦有類似的表現。氮之流失量，也因排水量之增加而增加，在第一期中流失較多，其中以紅壤之氮肥石灰區（NCa）爲最大，達 12 kg 之多，其次爲稻草氮肥區（SN）之 3.66 kg。在黏板岩冲積土，則以氮肥倍量區（$N_2$）之 3.01 kg 爲最大。除這些區之流失量較大以外，餘者一期二期作中均不滿1 kg，對於所施之氮量而言，多不到 0.1%，故肥料氮之流失量實在微不足道，尤其第二期作期間流失量更少。

第二期作期間排水速度較低，氮流失甚少，可能是由於排水速度較低，土壤還原較強，因而脫氮損失較大所致。

由本研究結果可以推論，供試之兩種土壤在水稻栽培期間，氮之流失甚微，在重肥下亦無汚染之危險。

## 引用文獻


1. 川口桂三郎。1978。水田土壤學。東京講談社。
2. 原田登五郎。1974。水田土壤の肥力窒素。九州大學農學部。
3. 洪崑煌。1979。一、二期作水稻氮肥吸收利用率與收量之關係。刊載於「臺灣二期作水稻低產原因及其解決方法硏討會專集」，行政院國家科學委員會硏討會專集第二號。
4. Focht, D. D. 1979. Microbial kinetics of nitrogen losses in flooded soils. In Nitrogen and rice. pp. 119-134. International Rice Resench Institute, Los Banos, Philippines.
5. Houng, K. H. and T. P. Liu. 1981. Recovery by rice plant of fertilizer nitrogen applied at different growth stages. In nitrogen cycling in South-Eastern Asian Wet Monsoonal Ecosystems (R. Wetselaar, J. R. Simpson and T. RossWall eds.). Canberra, Australia.
6. Mikkelsen, D. S. and S. K. De Datta. 1979,

Ammonia volatilization from wetland rice soils. In Nirtogen and rice. International Rice Reseach Institute, Los Banos, Philippines.
7. Yamaguchi, M. 1979. Biological nitrogen fixation in flooded rice field. In Nitrogen and rice. International Rice Reseach Institute, Los Banos, Philippines.

# Observation on the Leaching Losses of Nitrogen from Paddy Soils*

Kun-Huang Houng

*Department of Agricultural Chemistry*
*National Taiwan University*
*Taipei, Taiwan 107*
*Republic of China*

## Summary

Losses of nitrogen in the drainage water from paddy soils were determined in lysimeter studies. The soils used were a latosolic and a calcareareous slate alluvial soils.

The results indicate that the amount of drainage water was larger in the first crop season than that in the second, for both soils studied. For the latosolic soil, the amounts were on the average, 66. 1 cm for the first crop and 29.5 cm for the second ; and for the calcareous slate alluvial soil they were 31. 9cm and 18.9 cm, respectively.

The amounts of nitrogen lost in the drainage water were on the average 3.21 kg/ha and 0.16 kg/ha, respectively, for the first and second crops on the latosolic soil ; and 0.75 and 0.25 kg/ha, respectively, for the calcareous slate alluvial soil.

*Supported by a grant 1981-5.1-06 (2—1) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

臺灣省農業試驗所特刊第16號第 25—33 頁 (1984)


# 宜蘭縣低產及高產水田土壤理化性質之差異及低產水田之改良*

顏滄濤、張則周

國立臺灣大學農學院農業化學系

## 摘　要

於民國69年及70年先後分析宜蘭縣六個主要水稻種植區之水田土壤，並調查當地農民之栽培管理方法，同時利用所採土壤做矽酸礦滓肥效盆栽試驗，以期瞭解各地區之土壤理化性質及栽培管理之差異與水稻產量間之關係，並提改進之道，綜合結果及建議如下：

1. 本地區大部分為坋質壤土，土層薄，部分底土有石礫，CEC 低，pH 偏酸性，為增高表土 CEC 可施用有機肥料予以改進，盆栽試驗顯示矽酸礦滓對部分土壤有增產之效果。

2. 蘭陽地區雨量多，部分地區易於積水，應繼續改善灌溉與排水系統。

3. 農友在施肥、病蟲害之防治及農田之合理管理上，急需政府積極之輔導，建議迅速建立完整之農村狀況資料庫，以提供今後輔導及長期發展農村計劃之參考。

## 前　言

宜蘭縣稻米年產量在臺灣北部地區僅次於桃園縣，但單位面積產量却比中南部相差甚遠。省農試所曾在宜蘭調查時發現病蟲害、排水不良及土層淺薄是水稻低產的主要原因，並於59年66年在選定地區試驗證明設置排水渠及添加矽酸鈣、穀殼、稻草等有提高稻穀產量之效果（農林廳，1971），惜至今未做全面之調查及試驗，多數低產區仍未獲改善。著者等有鑒於此特擬訂計畫，擬從分析與調查同時着手，做研判水稻低產及高產原因之依據。第一年先選定宜蘭、礁溪、壯圍、三星四重要水稻種植區採集土壤進行分析，並調查當地農民之栽培管理方法，以期瞭解各地區之土壤理化性質及栽培管理之差異與水稻產量間之關係。根據第一年（69年）初步調查及分析結果發現同一水田進水口及出水口部分土壤理化性質似乎有差異，稻穀產量亦有不同，為進一步瞭解眞相，特於翌年增加五結、多山兩土壤採樣地區，分別分析其水田進水口及出水口表土及底土理化性質，以期瞭解土壤之性質與進出水口產量是否有關，又因宜蘭地區土壤 pH 值偏低，為探討矽酸鑛滓對水稻之效果同時進行盆栽試驗。

## 材料與方法

（一）第一年（69年度）

1.採土：在宜蘭縣礁溪、壯圍、三星、宜蘭四地區選擇低產田及高產田共18處，分別採取表土及底土共42樣品。

2.土壤分析法

(1)粒構：比重計法，(2)沈底容積：Middleton-Byers(1934)法，(3) pH 值：土壤與水的比例為 1：1，以玻璃電極測定，(4) CEC：醋酸銨飽和法，(5)有機物：Walkley 法，(6)全氮：Kjeldahl 法，(7)有效性磷酸：Bray No. 1 法，(8)有效性

* 行政院農業發展委員會補助計畫 69 農建—5.1—產—080（2—3）與 70 農建—5.1—產—06（2—5）。

鉀： Mehlich 法。

3.實地觀察及調查：在採土田實地觀察地形、土層、有無硬盤、排水情形等，並按製訂之表格詢問各農戶之管理及耕作方法，包括耕作面積、稻穀產量、施肥量、病蟲害防治以及平日耕作所遭遇之困難等。

（二）第二年（70年度）

1.採土：在宜蘭、礁溪、壯圍、五結、多山及三星等地選低產田各一處，分別採取進水口，中間及出水口之表土及底土共36樣品。

2.分析項目：質地，pH 值，陽離子交換能量，全氮，有效性磷酸，有效性鉀鈣鎂。

3.盆栽試驗：

（1）土壤：上記六處水田表土，每盆 4.5 kg。

（2）肥料：每盆氮、磷酐、氧化鉀各 0.3 g（硫酸銨、過磷酸鈣、氯化鉀）矽酸鑛滓每盆 5 g。各處理四重複。

（3）水稻：臺南5號。

（4）栽培期間：70年3月19日至7月6日。

## 結果及討論

（一）第一年

礁溪、壯圍、三星及宜蘭四地區高產田及低產田稻穀產量，施肥量及水稻栽培環境如表1。此四地區高產田及低產田土壤樣品之一般理化性質如表

表 1. 採取土樣地區稻穀產量、施肥量及栽培環境

Table 1. The yield of rice crops, rate of fertilization and cultivation environment of paddy soils.

| 地區 | 產量高低 | 土壤編號 | 農友 | 產量 一期 | 產量 二期 | 施肥量 堆肥 | 施肥量 N | 施肥量 $P_2O_5$ | 施肥量 $K_2O$ | 硬盤層 | 排水 | 灌溉 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 礁溪 | 高產 | 1-4 | 林火生 | 4,830 | 4,095 | | 95 | 15 | 48 | | 不良 | |
| | | 1-5 | 李連枝 | 5,728 | 3,706 | 200 | 116 | 36 | 72 | | | |
| | 低產 | 1-1 | 游稻松 | 3,360 | 2,940 | | 98 | 43 | 48 | 有 | | |
| | | 1-2 | 林條枝 | 3,470 | 3,187 | 600 | 66 | 22 | 72 | 有 | | |
| | | 1-3 | 林條枝 | 3,460 | 3,171 | 600 | 66 | 22 | 72 | 有 | | |
| 壯圍 | 高產 | 2-3 | 陳坤銘 | 5,449 | 4,242 | | 86 | 72 | 102 | | 不良 | |
| | | 2-5 | 潘阿河 | 5,460 | 4,699 | | 115 | 29 | 96 | | | |
| | 低產 | 2-1 | 涂振坤 | 4,095 | 2,940 | | 99 | 43 | 72 | | 不良 | 不方便 |
| | | 2-2 | 涂火生 | 4,358 | 3,255 | | 99 | 43 | 72 | | 不良 | 不方便 |
| | | 2-4 | 林勝三 | 4,200 | 2,730 | | 103 | 72 | 120 | | 不良 | |
| 三星 | 高產 | 3-1 | 張秋冬 | 4,750 | 3,297 | | 140 | 36 | 72 | | | |
| | | 3-2 | 張秋冬 | 5,145 | 3,612 | | 148 | 36 | 70 | | | |
| | | 3-3 | 邱阿旺 | 4,809 | 3,675 | | 82 | 29 | 60 | | | |
| | 低產 | 3-4 | 朱秋陽 | 4,158 | 2,394 | | 140 | 50 | 48 | 有 | | |
| | | 3-5 | 朱秋陽 | 4,242 | 2,772 | | 140 | 50 | 48 | 有 | | |

（續表 1）

| 地區 | 產量高低 | 土壤編號 | 農友 | 產量 | | 施肥量 | | | | 硬盤層 | 排水 | 灌溉 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 一期 | 二期 | 堆肥 | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | | | |
| 宜 | 高產 | 4-1 | 吳添財 | 5,400 | 4,147 | | 115 | 29 | 60 | | | 不方便 |
| | | 4-5 | 吳水土 | 5,061 | 3,717 | | 82 | 29 | 48 | | | 不方便 |
| | 低產 | 4-2 | 陳辰夫 | 4,662 | 3,633 | 1,500 | 83 | 36 | 120 | | | |
| | | 4-3 | 吳金如 | 4,200 | 3,780 | | 66 | 29 | 60 | | | |
| | | 4-4 | 吳金如 | 4,568 | 4,253 | | 66 | 29 | 60 | | | |
| 蘭 | | 4-6 | 吳水土 | 3,759 | 2,688 | | 82 | 29 | 48 | | | 不方便 |

註：1.產量單位係 kg/ha，過去2、3年平均產量或上年度產量。
2.堆肥及三要素施用量單位係 kg/ha 。表中三要素施用量是第一期大約施用量。第二期氮施用量約第一期之90%。磷酸、鉀施用量兩期約相同。
3.「排水」欄空白者，排水尚良好。
4.「灌溉」欄空白者灌溉尚方便。
5.所調查之農友大部分栽培臺南5號，少數栽培臺南6號，臺農67號，臺中139號。

2、3、4、5。

1.礁溪（表2）

位於宜蘭縣蘭陽平原北部，採樣地點一為平原區之玉田村，土壤質地爲坋質壤土或壤土，土層較厚，稻穀產量較高。一爲靠山脚之林美村，土壤質地亦爲坋質壤土或壤土， CEC 雖大，但因石礫多

**表 2.** 礁溪所採水田土壤一般理化性質

**Table 2.** Some physical-chemical properties of the paddy soils sampled at Chiao-Shi.

| 產量別 | 土壤編號 | 質地 | pH 值 | C % | N % | $P_2O_5$ (kg/ha) | $K_2O$ (kg/ha) | C/N | CEC (me/100g) | 沈底容積 ($cm^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 高 | 1—4—a | SiL | 4.98 | 2.02 | 0.23 | 79 | 327 | 8.78 | 11.1 | 68 |
| | 1—4—b | SiL | 5.90 | 1.86 | 0.20 | 47 | 279 | 9.30 | 9.1 | 77 |
| | 1—5—a | L | 5.20 | 1.24 | 0.14 | 54 | 339 | 8.86 | 6.7 | 55 |
| 產 | 1—5—b | L | 6.15 | 0.75 | 0.09 | 25 | 306 | 8.33 | 4.6 | 15 |
| 低 | 1—1—a | GSiL | 4.90 | 2.35 | 0.23 | — | 371 | 10.22 | 10.7 | 60 |
| | 1—1—b | GL | 5.25 | 0.93 | 0.13 | — | 309 | 7.15 | 9.3 | 55 |
| | 1—2—a | GSiL | 5.10 | 2.24 | 0.23 | — | 558 | 9.74 | 11.9 | 60 |
| | 1—2—b | GSiL | 5.20 | 1.40 | 0.16 | — | 308 | 8.75 | 9.2 | 54 |
| | 1—3—a | GSiL | 4.95 | 2.34 | 0.24 | — | 373 | 9.75 | 10.6 | 60 |
| 產 | 1—3—b | GSiL | 5.10 | 1.64 | 0.18 | — | 340 | 9.11 | 9.9 | 57 |

註：（1）土壤編號 a 表示表土，b 表示底土。
（2）沈底容積係含乾土 50g 之風乾土在水 100ml 中分散，放置24小時後之沈底容積。
（3）低產田土壤中石礫含量如下：（1—1—a）:13%,（1—1—b）:38%,（1—2—a）:10%,（1—2—b）; 56%,（1—3—a）:13%,（1—3—b）:21%.

，土層薄且有硬盤層爲低產之主要原因。此地區高產田及低產田之稻穀產量差異比較其他三地區爲大。再從 C/N 比觀之，低產田普遍偏高，氮百分比與高產田大約相同，但碳百分比較高。高產田及低產田土壤之其他理化性質似乎看不出有明顯的差異。

2.壯圍（表3）

位於蘭陽平原中央偏東，爲四地區中稻穀產量較高的一區，兩期稻穀產量差距較小。本地區高產田及低產田之理化性質，除了低產田磷酸含量較低以外，其他大致相同。本地區低產之主要原因似乎爲灌溉不方便及易積水。66年省農試所曾在宜蘭縣多處進行排水處理試驗，效果頗佳。蘭陽地區雨量多，政府已設法改善排水，望此措施能全面施行。由於低產田土壤中磷酸含量較低，增加磷肥施用量或許有效果。

**表 3.**　壯圍所採水田土壤一般理化性質

**Table 3.** Some physical-chemical properties of the paddy soils sampled at Chuang-Wei.

| 產量別 | 土壤編號 | 質　地 | pH | C (%) | N (%) | $P_2O_5$ (kg/ha) | $K_2O$ (kg/ha) | C/N | CEC (me/100g) | 沈底容積 ($cm^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 高產 | 2—3—a | SiL | 5.12 | 1.86 | 0.20 | 256 | 371 | 9.30 | 8.2 | 60 |
| | 2—3—b | SiL | 5.75 | 1.58 | 0.17 | 193 | 372 | 9.29 | 7.4 | 56 |
| | 2—5—a | SiL | 5.62 | 1.80 | 0.26 | 98 | 402 | 6.93 | 10.3 | 60 |
| | 2—5—b | SiL | 5.75 | 1.54 | 0.17 | 90 | 370 | 9.06 | 9.6 | 57 |
| 低產 | 2—1—a | SiL | 5.25 | 1.36 | 0.16 | 37 | 400 | 8.50 | 7.9 | 59 |
| | 2—1—b | SiL | 6.05 | 1.25 | 0.16 | 69 | 404 | 7.81 | 7.8 | 63 |
| | 2—2—a | SiL | 5.38 | 1.94 | 0.22 | 62 | 375 | 8.82 | 8.7 | 68 |
| | 2—2—b | SiL | 6.19 | 1.72 | 0.19 | 81 | 313 | 9.05 | 7.8 | 61 |
| | 2—4—a | SiL | 5.41 | 1.79 | 0.20 | 50 | 309 | 8.95 | 8.1 | 61 |
| | 2—4—b | SiL | 6.61 | 1.31 | 0.16 | 12 | 338 | 8.19 | 6.4 | 56 |

註：參照表二。

3.三星（表4）

本地區位於蘭陽平原西南部，高產田多位於山腳下，土層厚，灌溉水係利用發電廠排出的水，水量豐富。低產田多位於蘭陽溪以南，早年該溪河床或兩岸均爲砂石，經開墾後砂石埋入底下，上面再客以不到 20cm 表土。因此水分養分極易流失，故河床附近農友氮肥施用量一般都比其他地區爲高。尤其是淺薄的土層下多有硬盤，耕犂倍增辛苦，第二期收穫常不够成本，其他值得注意的是低產田朱秋陽農友所有者（編號3－5）pH 值較其他地區爲高（7.8 左右）。施用酸性肥料或許可以提高稻穀產量。

據張秋冬及朱秋陽兩位農友說，同一水田進出水口稻穀產量不同，每期進水口附近常比出水口多出一成左右，進出水口附近土壤理化性質有否差異，須做進一步之分析及檢討。

表 4. 三星所採水田土壤一般理化性質

**Table** 4. Some physical-chemical properties of the paddy soils sampled at San-Shing.

| 產量別 | 土壤編號 | 質　地 | pH | C (%) | N (%) | $P_2O_5$ (kg/ha) | $K_2O$ (kg/ha) | C/N | CEC (me/100g) | 沈底容積 ($cm^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 高 | 3—1—a | SiL | 5.40 | 2.06 | 0.22 | 49 | 315 | 9.36 | 8.7 | 68 |
| | 3—1—b | SiL | 5.82 | 1.87 | 0.19 | 32 | 310 | 9.84 | 8.0 | 67 |
| 低 | 3—2—a | SiL | 7.03 | 1.54 | 0.17 | 29 | 372 | 9.06 | 8.7 | 58 |
| | 3—2—b | SiL | 6.45 | 1.30 | 0.19 | 25 | 334 | 6.84 | 7.8 | 56 |
| 產 | 3—3—a | SiL | 5.05 | 2.07 | 0.23 | 273 | 401 | 9.00 | 8.1 | 68 |
| | 3—3—b | SiL | 5.09 | 1.73 | 0.23 | 171 | 371 | 7.86 | 7.1 | 61 |
| 低 | 3—4—a | SiCL | 5.58 | 2.20 | 0.21 | 62 | 372 | 10.60 | 8.7 | 67 |
| | 3—4—b | GL | 6.68 | 0.81 | 0.12 | 22 | 338 | 6.75 | 6.8 | 54 |
| | 3—5—a | SiL | 7.75 | 1.01 | 0.14 | 25 | 432 | 7.21 | 5.5 | 56 |
| 產 | 3—5—b | SiL | 7.78 | 1.22 | 0.15 | 9 | 400 | 8.13 | 6.2 | 68 |

註：參照表二。　編號（3—4—b）土壤中石礫含量為32%。

表 5. 宜蘭所採水田土壤一般理化性質

**Table** 5. Some physical-chemical properties of the paddy soils sampled at I-Lan.

| 產量別 | 土壤編號 | 質　地 | pH | C (%) | N (%) | $P_2O_5$ (kg/ha) | $K_2O$ (kg/ha) | C/N | CEC (me/100g) | 沈底容積 ($cm^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 高 | 4—1—a | SiCL | 4.91 | 2.37 | 0.27 | 84 | 346 | 8.78 | 13.9 | 81 |
| | 4—1—b | SiL | 5.00 | 2.10 | 0.23 | 142 | 349 | 9.13 | 13.4 | 73 |
| | 4—5—a | SiL | 4.83 | 1.69 | 0.21 | 54 | 437 | 8.05 | 7.7 | 64 |
| 產 | 4—5—b | SiL | 6.40 | 0.95 | 0.11 | 105 | 308 | 8.64 | 5.3 | 54 |
| | 4—2—a | SiL | 4.92 | 1.22 | 0.15 | 244 | 369 | 8.13 | 5.5 | 54 |
| | 4—2—b | L | 5.42 | 0.63 | 0.08 | 84 | 275 | 7.88 | 4.4 | 51 |
| 低 | 4—3—a | SiL | 4.60 | 1.62 | 0.19 | 161 | 373 | 8.53 | 7.4 | 59 |
| | 4—3—b | SiL | 4.80 | 0.92 | 0.09 | 10 | 309 | 10.22 | 4.8 | 53 |
| | 4—4—a | SiL | 4.60 | 1.60 | 0.16 | 205 | 313 | 10.22 | 7.1 | 58 |
| | 4—4—b | SiL | 4.98 | 1.17 | 0.16 | 28 | 339 | 7.31 | 5.8 | 54 |
| 產 | 4—6—a | SiL | 4.80 | 1.66 | 0.20 | 81 | 310 | 8.30 | 6.2 | 61 |
| | 4—6—b | SiL | 5.98 | 1.09 | 0.13 | 18 | 338 | 8.38 | 3.9 | 54 |

註：參照表二。

4.宜蘭（表5）

此地區位於蘭陽平原中央，由土壤分析結果知此地區土壤主要爲坋質壤土一般理化性質與其他三地區略同，但CEC較低，尤其是低產田土壤CEC爲 4~7 me/100g 。只有吳添財農友田地土壤（編號4－1）之 CEC 比其他土壤爲高。此乃有機物含量高，土壤黏粒較多（SiCL）之故。加以吳農友氮肥用量充足，稻穀產量爲本地區之冠。因此施用有機肥料、客土或深耕等方法以增高 CEC 可能對稻穀有增產之效果。

（二）第二年

土壤理化性質分析結果如表6A、6B，所分析之土壤多爲壤土，除了壯圍之水田出水口處土壤比較進水口處稍黏質以外，其他水田進出水口土壤質地幾乎相同。一般而言，進水口土壤 pH 值比較出水口土壤稍高。進出水口土壤間有效性要素含量，全氮量等不易看出明顯差異。

由表6A、6B之分析結果表示同一水田進水

表 6A 土壤理化性質分析結果（表土）

Table 6A. The physical-chemical properties of the surface soils.

| 土 | 壤 | 質地 | pH | CEC | N % | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Ca | Mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 宜 | 進 | L | 5.2 | 6.7 | 0.18 | 164 | 156 | 0.297 | 0.082 |
| | 中 | L | 4.8 | 6.9 | 0.18 | 124 | 301 | 0.249 | 0.064 |
| 蘭 | 出 | L | 4.6 | 6.3 | 0.15 | 86 | 252 | 0.399 | 0.058 |
| 礁 | 進 | CL | 4.4 | 11.2 | 0.20 | — | 457 | 0.344 | 0.107 |
| | 中 | CL | 4.7 | 10.3 | 0.21 | — | 289 | 0.261 | 0.076 |
| 溪 | 出 | CL | 4.6 | 10.0 | 0.18 | — | 281 | 0.263 | 0.074 |
| 壯 | 進 | SiCL | 5.4 | 10.7 | 0.21 | 56 | 240 | 0.473 | 0.082 |
| | 中 | SiCL | 6.0 | 9.8 | 0.19 | 68 | 240 | 0.499 | 0.091 |
| 圍 | 出 | SiC | 5.0 | 10.5 | 0.23 | 92 | 217 | 0.608 | 0.046 |
| 五 | 進 | SiL | 6.6 | 6.6 | 0.13 | 56 | 252 | 0.424 | 0.091 |
| | 中 | SiL | 6.9 | 7.4 | 0.16 | 48 | 277 | 0.448 | 0.093 |
| 結 | 出 | SiL | 6.1 | 7.7 | 0.16 | 56 | 301 | 0.439 | 0.091 |
| 多 | 進 | L | 6.2 | 4.6 | 0.11 | 92 | 169 | 0.549 | 0.113 |
| | 中 | SiL | 5.0 | 7.2 | 0.20 | 68 | 241 | 1.097 | 0.113 |
| 山 | 出 | L | 4.3 | 8.3 | 0.24 | 56 | 361 | 0.599 | 0.095 |
| 三 | 進 | L | 5.1 | 6.5 | 0.14 | 128 | 361 | 0.343 | 0.113 |
| | 中 | L | 5.2 | 6.3 | 0.11 | 256 | 349 | 0.293 | 0.111 |
| 星 | 出 | L | 4.7 | 6.9 | 0.13 | 180 | 313 | 0.293 | 0.113 |

註：進，中，出各表示進水口，中間，出水口。CEC：(me/100g Soil), $P_2O_5$ 及 $K_2O$：(kg/ha), Ca 及 Mg：(me/100g Soil).

表 6B 土壤理化性質分析結果（底土）

**Table 6B.** The physical-chemical properties of the subsoils.

| 土壤 | | 質地 | pH | CEC | N % | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Ca | Mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 宜蘭 | 進 | SL | 6.1 | 4.3 | 0.09 | 52 | 144 | 0.293 | 0.099 |
| | 中 | L | 5.8 | 5.7 | 0.12 | 58 | 169 | 0.474 | 0.132 |
| | 出 | SL | 5.1 | 5.4 | 0.09 | 52 | 120 | 0.393 | 0.082 |
| 礁溪 | 進 | SL | 4.9 | 9.1 | 0.11 | 160 | 229 | 0.283 | 0.091 |
| | 中 | L | 4.8 | 9.2 | 0.10 | 163 | 193 | 0.274 | 0.082 |
| | 出 | L | 4.9 | 8.6 | 0.09 | 168 | 193 | 0.265 | 0.074 |
| 壯圍 | 進 | SiCL | 6.2 | 9.8 | 0.17 | 32 | 120 | 0.549 | 0.116 |
| | 中 | — | 5.9 | 9.7 | 0.19 | 32 | 145 | 0.547 | 0.106 |
| | 出 | SiC | 6.0 | 10.5 | 0.19 | 42 | 145 | 0.798 | 0.033 |
| 五結 | 進 | SiL | 7.5 | 6.9 | 0.10 | 32 | 181 | 0.898 | 0.106 |
| | 中 | SiL | 7.7 | 4.1 | 0.08 | 32 | 157 | 1.197 | 0.103 |
| | 出 | SiL | 7.3 | 4.3 | 0.14 | 32 | 169 | 0.648 | 0.113 |
| 冬山 | 進 | L | 5.3 | 3.6 | 0.12 | 42 | 132 | 0.203 | 0.123 |
| | 中 | L | 4.9 | 6.0 | 0.24 | 50 | 265 | 0.293 | 0.067 |
| | 出 | CL | 5.1 | 6.8 | 0.20 | 36 | 277 | 0.292 | 0.058 |
| 三星 | 進 | L | 4.4 | 4.8 | 0.09 | 28 | 181 | 0.293 | 0.116 |
| | 中 | L | 3.9 | 5.8 | 0.12 | 52 | 145 | 0.274 | 0.111 |
| | 出 | L | 4.1 | 5.9 | 0.12 | 44 | 144 | 0.243 | 0.109 |

註：請參照表 6 (A).

口及出水口附近土壤之理化性質似無顯著差異，進出水口附近單位面積稻穀產量如有差異，其原因應不在土壤性質的不同。

盆栽試驗（表7）顯示，矽酸鑛滓在礁溪、三星、五結、水田似有效果，在其他三處看不出效果，但在宜蘭地區矽酸鑛滓之肥效尚需繼續試驗。

表 7. 矽酸鑛滓肥效試驗結果

Table 7. The response of rice plants to silicate slags.

| 土壤 | 矽酸 | 稻草（指數） | 稻穀（指數） | 有效矽酸 |
|---|---|---|---|---|
| 宜蘭 | + | 33.0(102) | 21.2(107) | |
| | − | 32.2(100) | 19.9(100) | 11.0 |
| 礁溪 | + | 30.0(117) | 23.5(129) | |
| | − | 25.7(100) | 18.2(100) | 9.2 |
| 壯圍 | + | 33.4(119) | 18.2(102) | |
| | − | 28.0(100) | 17.9(100) | 8.7 |
| 五結 | + | 15.0(102) | 13.3(120) | |
| | − | 14.7(100) | 11.1(100) | 8.9 |
| 冬山 | + | 16.9( 81) | 14.1( 92) | |
| | − | 20.9(100) | 15.4(100) | 9.6 |
| 三星 | + | 19.4(108) | 15.2(126) | |
| | − | 17.8(100) | 12.1(100) | 10.2 |

註：稻草、稻穀收量每盆克數（四重複平均），有效矽酸：醋酸鹽緩衝液（1N, pH 4.0）中可溶性矽酸（mg/100g soil）。

## 結論

根據調查及分析結果知水稻低產原因非只一端，如土壤理化性質、灌溉、排水、施肥、病蟲害防除等。有些為共同原因，有些則有地區性須分別解決。茲歸納如下：

所採取之土壤大部分為坋質壤土。 CEC 低。礁溪地區土壤雖較高，但低產田有多量石礫。為增高表土 CEC ，須施用有機肥料、客土、深耕。土壤 pH 值偏低，為酸性或强酸性，矽酸鑛滓在礁溪、三星、五結水田似有效果此項試驗應繼續進行。土壤中鉀含量較高，但磷酸含量不高，似乎可以增加其施用量。

宜蘭地區冬期雨量多，夏期常有颱風來襲，排水不良地區例如壯圍，冬山水田易於積水，政府現已在改善排水措施，建議今後應繼續擴大辦理。

由兩年來的試驗及調查之經驗發現我們過去對各地土壤之狀況作物栽培管理之方法歷年之產量，農家農會皆缺少系統之資料，實為可惜，因之建議迅速建立完整之農村狀況之資料庫，提供今後長期發展農村計畫之參考。

自調查及與農民接觸顯示農友對農地的改進非常迫切，例如如何施肥，如何防除病蟲害，如何分辨市面上所售之農藥，如何利用水稻收穫後農閒期之田地，以及如何改善水利系統，在在極需政府在農業上做有系統之指導。

## 引用文獻

1. 農林廳。1971。稻作改良年報（民國59年）。
2. 農林廳。1978。稻作改良年報（民國66年）。
3. Middleton, H. E. and H. G. Byers. 1934. Soil Sci. 27 : 15—22.

# The Difference in Physical and Chemical Properties of High and Low Yield Paddy Soils in I-Lan Province and Their Improvement *

Tsan-Tao Yen and Tse-Chou Chang

*Department of Agricultural Chemistry*
*National Taiwan University*
*Taipei, Taiwan 107*
*Republic of China*

## Summary

In order to understand the relationship between physical-chemical properties of the soils and the yield of rice crop, paddy soils sampled from six main rice planting districts of I-Lan province were analyzed and the methods of cultivation and management were investigated in 1980 and 1981 successively. In the meantime the pot experiment for the resonse of rice crop to silicate slags was also conducted with the same soils. The results and suggestion are shown as follows :

1. In these areas, the soils mostly belong to silty loam with thin plow layer, low CEC, low pH. The application of organic matter may probably increase the CEC. The rice crops positively respond to silicate slags in some low yield soils.
2. Because of high precipitation in Lan-Yang districts, parts of paddy fields easily accumulate water, the improvement of irrigation and drainage system should be continued.
3. The farmers urgently need to be assisted and guided in the ways of fertilization, prevention of diseases and insects, suitable managements of fields etc. It is also important to establish the system of rural information as the reference of guidance and long term rural development in future.

---

* Supported by grants 1980-5.1-030 (2—3) and 1981-5.1-06 (2—5) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, Republic of China.

# 水稻類型間根部活力特性之研究*

賴光隆、蔡養正、賴聰良、劉新五

國立臺灣大學農藝學系

## 摘　要

經利用稉型、秈型水稻各10種爲材料，進行其根部對 α-naphthylamine （α—萘胺）的氧化量測定，以氧化量的多寡表示稻根氧化能力强弱程度。測定結果顯示稉型稻根部氧化力一般比秈型稻者有較高的趨勢，但亦有例外。根部的氧化力差異與水稻地上部生育期間的外部形態及根羣的變化甚一致。以單位根量的 α— 萘胺氧化量爲基礎，將供試20種水稻根氧化能力程度予以分級結果，臺中65號、臺南5號、嘉農242號，新竹56號及臺農61號等爲屬於極强或强；而秈型稻均屬中等或弱者，無一屬强級。本試驗結果顯示欲獲得根部氧化力較大能更適應本省栽培水田土壤環境的優良品系的育成，稉型稻將爲極重要的種源。

## 前　言

臺灣水稻栽培面積約有 720,612公頃（民國68年），其中二期水稻種植面積約佔 381,808公頃，較一期作水稻爲多，但產量（糙米）則一、二期相當，亦即二期水稻單位面積產量，顯然少於一期作，尤其是南部地區，此種一、二期收量差異更大，以高屏地區爲例，二期作產量不及一期作的六成。據過去的觀察，除受地區性的排水、病蟲害、土壤環境及栽培習慣外，水稻品種間在二期作生育期間之適應程度對其生理特性表現與稻穀產量間似有密切關係，但均未曾有詳細研究。由於臺灣地區稻作環境特殊，第二期作水稻生育初期及中期氣溫甚高，水田的水溫與地溫亦隨著上昇，土壤氧化、還原電位易降低，容易誘致還原物質及低級飽和脂肪酸的產生，阻礙稻根活力與正常生理機能，影響水稻的穗數與穀粒充實程度。根據賴（1979）報告指出，不同類型水稻品種間根部活力有顯著差異，且可藉根部對 α- 萘胺氧化力大小程度來判斷，因此，如能藉此方法，在雜交後裔選拔中，選育抗不良土壤環境而質量均優的水稻品系予以固定，無疑對二期稻作生產的改善將有莫大裨益。

本研究承行政院農業發展委員會經費補助，於三年內分期執行，觀察稉型稻及秈型稻若干品種（系），測定其根部 α- 萘胺氧化力程度，並比較田間栽培時，其葉上褐色斑出現情形及根部健全程度。由於利用 α- 萘胺比較根部氧化力大小程度與田間生育期間葉部褐色斑出現情形間有相當程度的關連，乃進一步探討影響根部氧化力表現的諸因子如根部組織含水量，栽培時期，低級脂肪酸的種類及濃度等，最後依據不同類型品種（系）間根部氧化力程度，分類水稻品種間根部氧化力情形。所獲結果分述於後。

## 材料與方法

1.供用水稻品種(系)有稉型稻臺南5號、臺南6號、臺中65號、嘉農242號、嘉南8號、新竹56號、臺農61號、豐年早生、轟早生、陸奧錦等10品

*行政院農業發展委員會補助計畫 69 農建—5.1—產—080（2—6）、70 農建—5.1—產—06（2—7）與 71 農建—4.1—產—47（2—5）。

種（系）。秈型稻有臺中在來1號、臺中秈2號、臺中秈3號、嘉農秈6號、嘉農秈選8號、嘉農秈11號、臺大育161號、臺大育1026號、白米粉、低脚烏尖等10品種（系）。

2.試驗方法：

甲、根部氧化力的測定：利用種子時，選取供試水稻品種（系）的飽滿種子，經烏斯普龍（usplun）1,000倍釋液消毒1～3小時，經以蒸餾水洗淨後置於28°C的定溫箱在暗中浸種24小時，然後播於濕潤的濾紙間，在同一環境發芽。待種子根伸長至3 cm左右時，各品種(系)取根端部2 cm，每15個根片爲一處理，每處理重複三次，移入含有 $\alpha$- 萘胺 20 ppm 的15 ml $R_2$ 型培養液中（賴與侯，1974），然後置於28°C的定溫箱內。稻根移入 $\alpha$- 萘胺溶液經過2小時後，從每處理取出2ml的溶液置於試管中，立即加蒸餾水10ml後加1％ sufanile 酸液（sulfanilic acid 1g 溶於30%乙酸液100 ml）及100 ppm $NaNO_2$ 各 1ml，經振盪後加蒸餾水6 ml，再經30～60分鐘的振盪後使用 spectrophotometer（Double Beam UV-200 型），以500 nm 波長測定透過率，換算吸光度，對照即未置放根者亦以同法測定，從對照與處理者估算被根氧化的 $\alpha$- 萘胺量，換算單位根重在單位時間的 $\alpha$- 萘胺，當爲根的氧化能力。

乙：不同類型水稻根含水量與根氧化量的變異：同甲項方法，選取供試品種粳型與秈型稻各10種，依上述方法測定氧化力後，分別測定根部鮮重、乾重、含水量，比較稻根含水量的與以鮮重、乾重爲基礎時，氧化力變異的情形。

丙：田間根羣及葉部生育反應的調查：利用國立臺灣大學農學院附屬農業試驗場水田，於民國69年第一期作依慣行法栽培水稻，供試水稻品種同於上述。每品種每小區種植2行，每行5株，重複三次，在不同生育期調查主稈上各葉存活情形，於乳熟期，選擇粳型稻及秈型稻若干品種，以 monolith 法掘取稻根，觀察根羣的分布及外觀健全度。

丁：不同栽培期稻根氧化力的變異：選取粳型稻臺中65號與秈型稻臺中在來1號、嘉農秈11號、臺中秈3號等共四品種。秧苗於69年一期作及二期作時單本插植於國立臺灣大學農學院附設農業試驗場，插植株距爲20×20 cm，並依慣行方法施肥、管理，於黃熟期分別取樣，仿前述方法測定稻根氧化力。

戊：低級飽和脂肪酸對稻根氧化力的影響：取臺中在來1號、臺中秈2號田間栽培的根，經洗淨後選取生長中等的根5條，從根端部往根基部取3個根段，每一段長2cm，計15個根片置於一試管中，加入濃度0.5, 1.0, 2.0 mM 的甲酸並以未加酸液者爲對照，置於28°C定溫箱處理四小時後將酸液丟棄，以蒸餾水清洗後加20 ml $\alpha$- 萘胺，經10分鐘後丟棄 $\alpha$- 萘胺液，再加入20 ppm 之 $\alpha$-萘胺 20ml，置於28°C定溫箱內二小時後，再依前述方法測定根部氧化力。乙酸對稻根氧化力的影響則取臺中在來1號及臺中65號在田間生長的根部依前述的方法準備材料，以1.0, 2.0, 4.0 mM 的乙酸另以未加乙酸者爲對照，測定處理後的根氧化力情形。

己：氧化力的分級：依不同品種間對 $\alpha$- 萘胺氧化力表現程度，以乾重爲基礎每克每小時氧化 $\alpha$- 萘胺 450 $\mu$g 爲極强，350至450 $\mu$g 爲强，250至350 $\mu$g 爲中等，150至250 $\mu$g 爲弱，試行分級氧化力反應程度。

## 結　　果

一、粳型稻10品種（系）及秈型稻10品種（系）以 $\alpha$- 萘胺的氧化量做爲估計氧化力的結果，無

**表 1.** 秈型稻稻根氧化力比較表（單位：$\mu$g）

| 品　　種 | 臺中在來1號 | 臺中秈2號 | 臺中秈3號 | 嘉農秈6號 | 嘉農秈選8號 | 嘉農秈11號 | 臺大育161號 | 臺大育1026號 | 白米粉 | 低脚烏尖 | 平　均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 每小時每克根乾重對 $\alpha$-NA 氧化量 | 252.8 | 253.1 | 214.0 | 325.7 | 339.9 | 227.5 | 268.6 | 272.7 | 264.0 | 210.0 | 262.8 |
| 順　　位 | 7 | 6 | 9 | 2 | 1 | 8 | 4 | 3 | 5 | 10 | |

論粳型稻與秈型稻，各品種（系）間氧化力的差異頗大（表1及表2）。在供試範圍內，秈型稻單位根量單位時間內的氧化力從最大的 339.9μg（嘉農秈選8號）至最小的 210.0μg（低脚烏尖），粳型稻的氧化力則最大的 520.9μg（臺中65號）至最小的 171.2μg（轟早生），變異均甚大。惟從粳型稻及秈型稻間的氧化量差異的比較看，顯然以粳型稻者大於秈型稻，前者10品種平均有315.6μg ／每克乾重／每小時的 α- 萘胺氧化量，後者僅有 262.8μg ／每克乾重／每小時的 α- 萘胺氧化量（表1及表2）。

二、稻根氧化力程度因處理品種多數時，常依鮮重爲基礎估算其氧化力較爲簡便。惟水稻類型間根部含水量不一定類似，乃分別於測定根的氧化力後再測定根的鮮重、乾重然後分別估計鮮、乾重爲基礎的氧化力情形。結果根部含水量粳型稻10品種間最高的有94.0%（臺中65號），最低的有92.5%（嘉南8號），平均爲93.7%；秈型稻10品種(系)間最高的有93.3（臺中在來1號），最低的有90.1（嘉農秈選8號），平均爲92.1%，顯然粳型稻者根部含水量較高（表3及表4）。如果依根部鮮重爲基礎估算氧化力情形，顯然粳型稻根部氧化力將有偏低趨勢，而秈型稻根部氧化力則將有偏高現象的產生（圖1及圖2）。又即使屬於同一類型水稻不同品種間，由於根部含水量的不同，其以鮮重爲基礎的氧化量與乾重爲基礎的氧化量大小次序會發生不一致的現象，例如以鮮重爲基礎估算粳型稻根部的氧化量時嘉南8號大於豐年早生，臺農61號則大於新竹56號，但如以乾重爲基礎估算時，豐年早生者大於嘉南8號，新竹56號亦大於臺農61號（圖1及圖3）類似的情形亦明顯的表現於秈型稻的情況（圖2及圖4）。

**表 2.** 粳型稻稻根氧化力比較表（單位：μg）

| 品　　種 | 臺南5號 | 臺南6號 | 嘉南8號 | 臺農61號 | 嘉農242號 | 臺中65號 | 新竹56號 | 豐年早生 | 轟早生 | 陸奥錦 | 平　均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 每小時每克根乾重對 α-NA 氧化量 | 437.4 | 276.1 | 273.6 | 341.2 | 298.8 | 520.9 | 402.5 | 255.5 | 171.2 | 192.1 | 315.6 |
| 順　　位 | 2 | 6 | 7 | 4 | 5 | 1 | 3 | 8 | 10 | 9 | |

三、根部氧化力表現是否與其他器官的生育表現有相當的關連，其關連的程度如何爲值得探討的項目。經在田間栽培上述粳型稻及秈型稻，在不同生育期觀察主稈上枯死葉，呈褐色斑點葉及健全綠葉存留情形。結果粳型稻間，根部氧化力較低的豐年早生、轟早生、陸奥錦、嘉南8號等，在第12葉期時已枯葉顯然較明顯，但褐色斑葉的出現情形較少（表5），而綠色健全葉數則較多。而秈型稻間，則無論根部氧化力表現如何，存活葉上呈褐色斑者至爲普遍（表6）。經 monolith（方塊）法掘取若干田間的稻根，以水洗去土壤，顯示新竹6號於乳熟期的根羣，不但根數多，外觀亦健全（圖5）而臺中秈3號於同時期掘取的根羣，由於部分壞死，因此根系呈稀疏，外觀亦較新竹56號者差（圖

**表 3.** 粳型稻種子根水分含量（%）

| 品　　種 | 臺南5號 | 臺南6號 | 嘉南8號 | 臺農61號 | 嘉農242號 | 臺中65號 | 新竹56號 | 豐年早生 | 轟早生 | 陸奥錦 | 平　均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 水分含量（%） | 94.0 | 92.8 | 92.5 | 93.7 | 94.0 | 94.5 | 94.3 | 93.7 | 93.7 | 93.4 | 93.7±0.62 |

表 4. 秈型稻種子根水分含量（%）

| 品　種 | 臺中在來1號 | 臺中秈2號 | 臺中秈3號 | 嘉農秈6號 | 嘉農秈8號 | 嘉農秈11號 | 臺大育161號 | 臺大育1026號 | 白米粉 | 低脚烏尖 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 水分含量（%） | 93.3 | 91.4 | 90.9 | 93.1 | 90.1 | 90.9 | 91.9 | 92.4 | 92.0 | 91.9 | 92.1±0.38 |

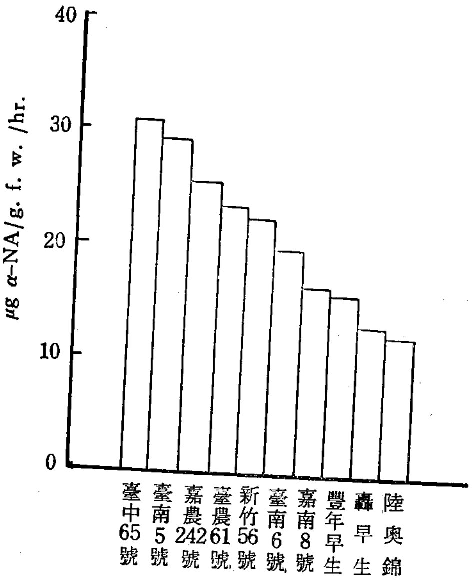



圖 1　稉型稻根部氧化力情形

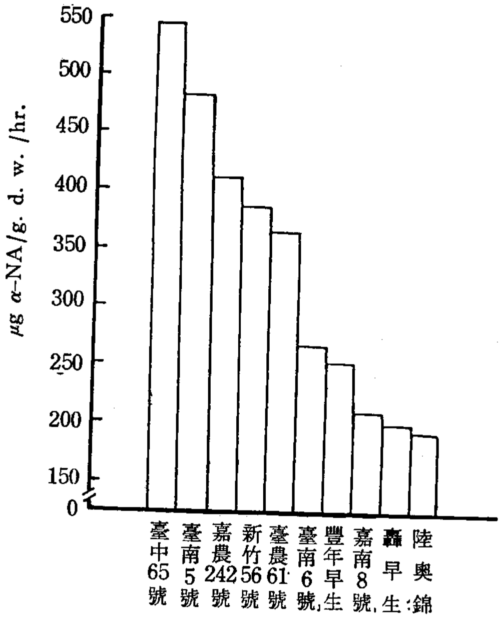



圖 3　稉型稻根部氧化力情形

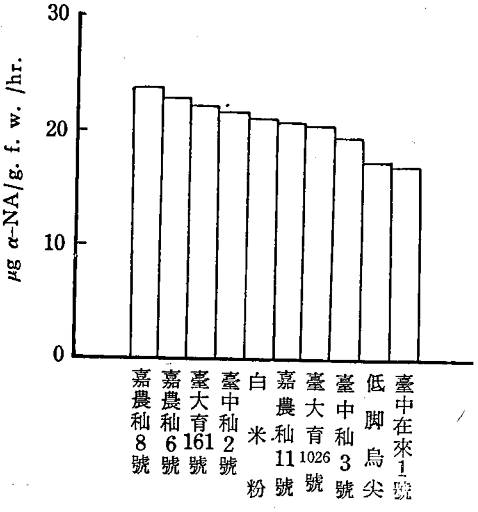



圖 2　秈型稻根部氧化力情形

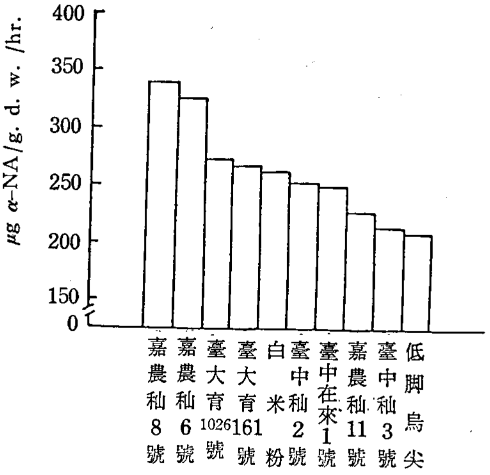



圖 4　秈型稻根部氧化力情形

**表 5.** 稉型稻第12葉期不同品種（系）主稈枯葉、褐色斑葉及健全綠葉數之比較表

| 品種別＼調查項目 | 已出現葉數 | 已枯葉數 | 存活葉數 | 呈褐色斑葉數 | 健全綠葉數 |
|---|---|---|---|---|---|
| 臺南5號 | 11.5 | 5.5 | 6 | 0 | 6 |
| 臺南6號 | 12 | 6 | 6 | 0 | 6 |
| 臺南8號 | 11.5 | 6 | 5.5 | 0.8 | 4.7 |
| 臺農61號 | 11.5 | 5.5 | 6 | 0 | 6 |
| 嘉農242號 | 11.4 | 6 | 5.4 | 0.5 | 4.9 |
| 臺中65號 | 11.5 | 5.5 | 6 | 0 | 6 |
| 新竹56號 | 12 | 6 | 6 | 0 | 6 |
| 豐年早生 | 12.7 | 6.7 | 6 | 0 | 6 |
| 轟早生 | 12.7 | 6.7 | 6 | 0 | 6 |
| 陸奧錦 | 12.7 | 6.7 | 6 | 0 | 6 |

**表 6.** 秈型稻第12葉期不同品種（系）主稈枯葉、褐色斑葉及健全綠葉數之比較表

| 品種別＼調查項目 | 已出現葉數 | 已枯葉數 | 存活葉數 | 呈褐色斑葉數 | 健全綠葉數 |
|---|---|---|---|---|---|
| 臺中在來1號 | 11.6 | 6.1 | 5.5 | 2 | 3.5 |
| 臺中秈2號 | 11.6 | 6.1 | 5.5 | 2.8 | 2.7 |
| 臺中秈3號 | 11.0 | 5 | 6 | 1 | 5 |
| 嘉農秈6號 | 11.0 | 5.5 | 5.5 | 2.5 | 3 |
| 嘉農秈8號 | 11.0 | 6 | 5 | 3 | 2 |
| 嘉農秈11號 | 12.0 | 6 | 6 | 1.6 | 4.4 |
| 臺大育161號 | 11.2 | 5.2 | 6 | 3 | 3 |
| 臺大育1026號 | 11.2 | 5.2 | 6 | 1 | 5 |
| 白米粉 | 11.5 | 6 | 5.5 | 3 | 2.5 |
| 低脚烏尖 | 11.5 | 6.5 | 5 | 3.5 | 1.5 |

6），至爲明顯。

四、稻根的氧化力，在不同栽培環境的變異與品種間的關係如何，應要瞭解，經比較稉型稻臺中65號及秈稻臺中在來1號，臺中秈3號，嘉農秈11號分別在第一、二期作黃熟期時分別測定根部氧化力程度的結果，稉型稻的根部氧化力顯然較秈型稻大，而第一期又比第二期作者明顯。秈型稻的根部氧化力顯然較稉型稻者差，其第一期作較第二期作，除嘉農秈11號者外，顯然亦較差（圖7）。

五、不同低級飽和脂肪酸對稻根氧化力的影響程度，經測定結果，不同甲酸濃度處理顯示甲酸的濃度在0.5 mM至1.0 mM的範圍內，雖有影響，使稻根氧化力降低，但不顯著。惟濃度在2.0 mM時即變爲顯著，供試品種臺中秈2號（圖8）及臺中在來1號（圖9），表現均甚一致。使用乙酸不同濃度處理稉型稻與秈型稻根部，經測定其氧化力

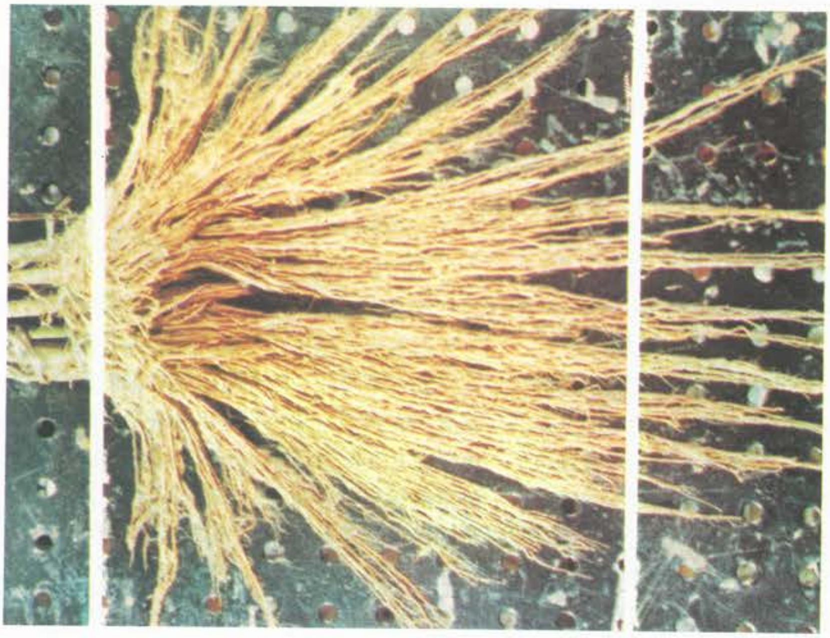


圖5. 稉型稻新竹56號

白線上限：土表面

白線下限：犁底層

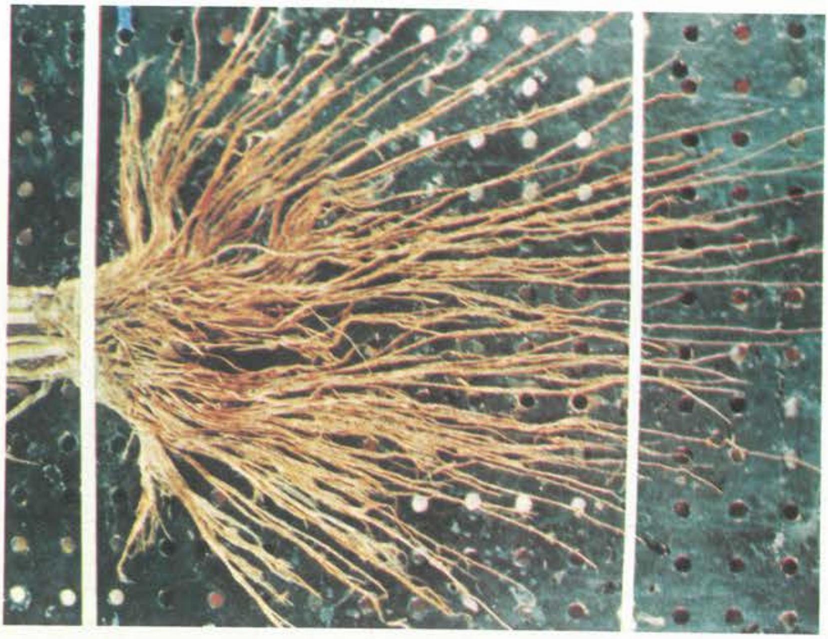


圖6. 秈型稻台中秈3號

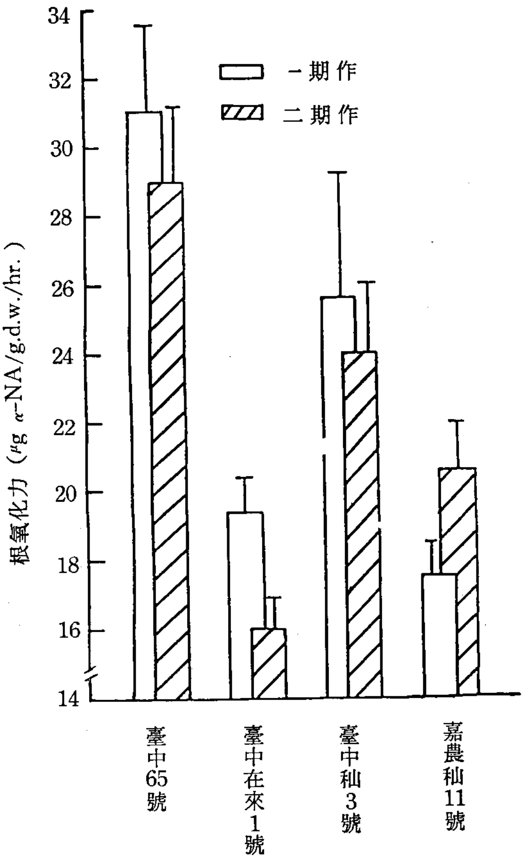



圖 7.　不同水稻品種一二期作黃熟期之稻根氧化力

變異情形，結果乙酸顯示對稻根氧化力的抑制有明顯的效果，無論濃度爲 1.0 mM 至 4.0 mM，稻根的 α- 荼胺氧化力均降低，而最值得留意者爲氧化力較大的臺中65號，其遭受抑制的程度，較臺中在來 1 號者更爲明顯（圖10）。

六、水稻品種（系）根部氧化力程度的分級，不同品種間的稻根，所表現的 α- 荼胺氧化力程度雖然變異很大，而在不同栽培環境或稻根本身的特性（如含水量），低級飽和脂肪酸，測定方法均會影響其氧化力表現，但試驗結果亦顯示，在同一情況所觀測的稻根氧化力程度，常表現品種間的特性。因之，依結果的第二項所獲的資料，就不同類型間水稻品種根部氧化 α- 荼胺的大小試行分級稻根氧化力程度，結果屬於極强者有稉型的臺中65號、臺南 5 號，屬於强者有稉型的嘉農 242號、新竹56號、臺農61號，屬於中等者有稉型的臺南 6 號、豐

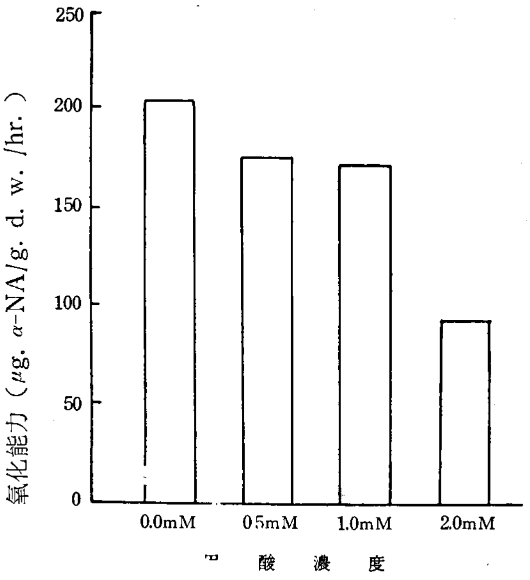



圖 8.　不同濃度甲酸對臺中秈 2 號水稻稻根（分蘖末期）氧化能力的影響

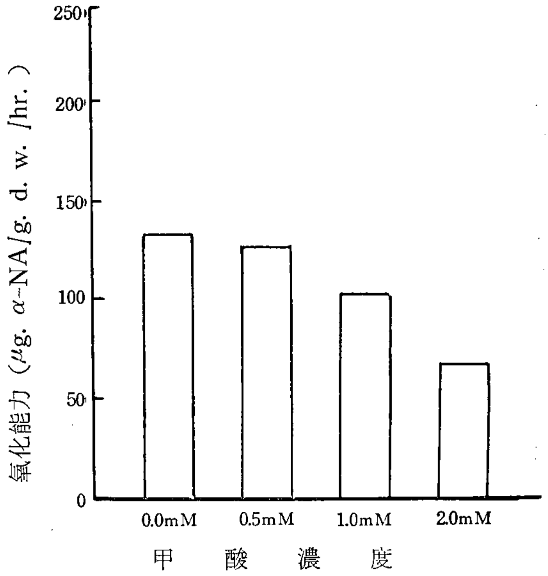



圖9.　不同濃度甲酸對臺中在來 1 號水稻稻根（分蘖盛期）氧化能力的影響

年早生和秈型的嘉農秈 8 號、嘉農秈 6 號、臺大育1026號、臺大育 161 號、白米粉、臺中秈 2 號，屬於弱者爲稉型的轟早生、陸奥錦、嘉南 8 號和秈型的臺中在來 1 號、嘉農秈11號、臺中秈 3 號、低脚

**表 7.** 不同水稻品種根部氧化力程度分級

| 水稻類型 | α-NA氧化力程度（μg/g dry weight/hr） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 極強（450μg 以上） | 強（350—450μg） | 中等（250— 350μg） | 弱（150—250μg） |
| 稉稻 | 臺中 65 號<br>臺南 5 號 | 嘉農 242 號<br>新竹 56 號<br>臺農 61 號 | 臺南 6 號<br>豐年早生 | 轟早生<br>陸奧錦<br>嘉南 8 號 |
| 秈型 | — | — | 嘉農秈 8 號<br>嘉農秈 6 號<br>臺大育1026號<br>臺大育161號<br>白米粉<br>臺中秈 2 號<br>臺中在來 1 號 | 嘉農秈11號<br>臺中秈 3 號<br>低脚烏尖 |

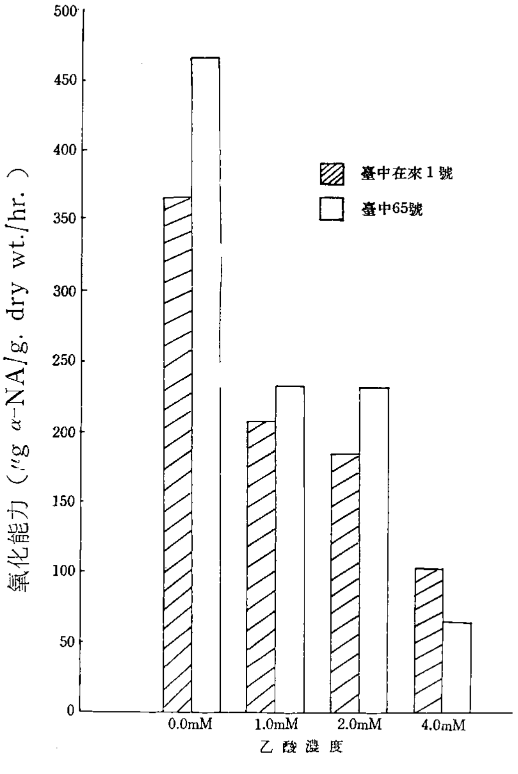



**圖 10.** 不同濃度乙酸對異型水稻稻根（分蘖期）氧化能力的影響

烏尖（表 7）。經初步分級結果顯示，根部氧化力強者均屬稉型稻，但早生的稉型稻，根部的氧化力程度不大，而屬秈型者，其根部氧化力程度均屬於中等或弱者，無例外。

## 討　　論

經選用稉型稻10品種和秈型稻10品種（系），計20品種（系）測定其根部氧化 α- 萘胺的程度，做爲根部氧化力的程度，並在田間栽培的情形比較莖葉生育期的表現和根部的形態，或根部氧化力改變的程度，獲若干結果，茲就所獲結果討論於後：

一、經選擇本省育成的或引種的稉型稻和秈型稻若干種，以 α- 萘胺法（山田等，1961）測定不同品種（系）根部氧化力的變異結果，顯示不同類型品種間所表現的根部氧化力存有相當的差異。一般的趨勢顯示屬於稉型稻的氧化力較屬於秈型稻的爲高。惟水稻品種間，以鮮重爲基礎估計 α- 萘胺氧化量或以乾重爲基礎估計時，氧化力程度次序有改變的情形發生，顯示以 α- 萘胺做爲估計稻根氧化力時，根部水分含量的品種間差異極值留意。經分別測定不同品種間稉型稻及秈型稻根部含水量變異情形，獲知稉型稻根部含水量較秈型稻者爲高。如以鮮重爲基礎估計根氧化力程度，稉型稻單位根量氧化 α- 萘胺量即會偏低，而秈型稻根部氧化力由於水分含量變異較大，不易表示眞正的氧化力情

形。因此，處理品種較多時，利用鮮重爲基礎進行氧化力程度的測定雖然較容易，但爲進行不同類型間多數品種水稻根部氧化力程度的比較，以乾重爲基礎時，將較合理地表示不同品種間氧化力變異情形。

二、水稻根部生理作用及其健全程度，顯然與地上部莖葉的生育情形有密切相關。經觀察田間栽培的水稻莖葉存活變化情形，或褐色斑點出現程度，顯示秈型稻者葉部較爲容易表現褐色斑點，與前報（賴與侯，1976）所述結果一致。稉型稻者在葉上所出現的褐色斑點甚少，但如豐錦、轟早生、豐年早生等，根部氧化力較低者，主稈上的枯死葉較多，暗示氧化力的大小，對地上莖葉的生存特性不論稉型稻或秈型稻均有相當明顯的相關。如更經掘取的根羣健全程度的比較（圖5及圖6），將更明瞭，品種間根部氧化力的大小與根部生理活性的維持有密切的相關。因此根部氧化力的大小應屬於水稻類型間品種的特性，而利用 α- 萘胺等還原物質被氧化的情形來估測水稻品種間根部氧化力的大小應爲較方便的方法。

三、稻根氧化能力之生理特性極爲複雜，三井等（1961）認爲與稻根的代謝過程所產生的過氧化氫有關。賴等認爲與不同類型間稻根組織內細胞微小體（microbodies）有密切關係（賴與侯，1977）。本試驗所觀察的結果稻根的氧化力大小可能因生育時期，低級飽和脂肪酸的存在情形而會改變，但經 α- 萘胺氧化力測定表現有較大根部氧化力者仍保持較大的根部氧化力，顯示對土壤環境有較優的適應能力。因此篩選根部氧化力表現較優的品種供爲水稻品種改良的親本材料，實具意義。

四、以單位根量的 α- 萘胺氧化量做爲基礎初步分級稉型稻與秈型稻20種的根部氧化能力程度，顯示屬於極强的有臺中65號、臺南5號，屬於强者有嘉農 242號、新竹56號、臺農61號等均屬於稉型稻。但同樣屬於稉型稻者亦有轟早生、豐錦等，氧化力的表現較差者，顯示根部氧化力的表現，即使屬於稉型稻，其變異由極强至弱，有較大範圍的變異。而秈型稻的根部氧化力程度，大多數品種屬於中等至弱，顯示有某一程度的變異，但秈型稻於供試品種（系）範圍內未曾有極强及强級者。因此欲獲得根部氧化力較大，能更適應二期作湛水環境栽培的優良水稻後裔，稉型稻將爲一重要的種源。

## 引用文獻


1. 三井進午、熊澤喜久雄・1961・作物の養分吸收に關する動的硏究。第36報，水稻根中の有機酸代謝經路について。土肥誌32：433—439。
2. 山田登、太田保夫、中村拓・1961・α-ナフチルアミンによる水稻根の活力診斷。農業及園藝36：103—105。
3. 賴光隆、侯淸利・1974・關於稻根生理、生態之硏究—異型間稻根呼吸特性的比較與應用。國立臺灣大學農學院硏究報告15：13—27。
4. 賴光隆、侯淸利・1976・關於稻根生理、生態之硏究—不同類型水稻生育時期別根部活力之診斷及其應用。中華農學會報新95：7—23。
5. 賴光隆、侯淸利・1977・異型水稻根部生理特性分化之硏究。人工控制氣候室紀要，17—21頁。臺灣農業硏究中心，臺北。
6. 賴光隆・1979・水稻根羣形成的特性與活力之診斷。刊載於「行政院國家科學委員會硏討會專集」，77—84頁，行政院國家科學委員會，臺北。

# Studies on the Root Activities among Different Types of Rice Plants (*Oryza sativa* L.)*

Kwan-Long Lai, Yang-Zenq Tsai, Ts'ung-Liang Lai and Hsin-Wu Liu

*Department of Agronomy*
*National Taiwan University*
*Taipei, Taiwan 107, Republic of China*

## Summary

The root oxidizing abilities of ten indica rice cultivars and ten japonica rice cultivars were studied in this experiment. The oxidizing ability was expressed by the amount of $\alpha$-naphthylamine ($\alpha$-NA) oxidized by the roots. In general, the japonica rice cultivars had higher root oxidizing ability than the indica rice cultivars. However, some exceptions of this regularity was also found. The changes of root oxidizing abliity were consistent with the changes of root growth and plant outer morphology. Based on the amount of $\alpha$-NA oxidized by unit root weight, the root oxidizing abilities of 20 cultivars could be divided into several groups. Among them, Taichung 65, Tainan 5, Chianung 242, Shin-chu 56 and Tainung 61 belong to the strong group, and all indica cultivars belong to the medium or weak group. The above results showed that the japonica rice cultivars would be very important genetic resources for breeding superior rice cultivars with higher root oxidizing ability to adaptate the paddy field in Taiwan.

*Supported by grants 1980-5.1-080 (2—6), 1981-5.1-06 (2—7) and 1981-4.1-47 (2—5) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 一、二期稻作土壤環境、根部活力與產量之分析比較*

侯清利、黃天成

國立嘉義農業專科學校農藝科

## 摘　　要

為探討本省第二期稻作單位面積產量較第一期稻作為低有關之根部原因，於水稻各生育期調查土壤環境、根部活力與葉部營養要素含量之差異，進而研討與產量之關係。謹將結果摘要於後。

大部份之稻根分布於地表下15公分以內之耕土層。該土層之地溫在水稻孕穗期以前，一直以二期作較一期作者為高。又該層土壤之氧化還原電位（Eh 值）在糊熟期以前，均是二期作者較低。該等差異在水稻生育之愈早期愈為明顯。

二期作水稻之根部長期生長於還原狀態較為明顯，亦即較為不利之土壤環境中，而整個生育時期其氧化力却常低於一期作稻根，故容易遭受還原性物質之侵害。再者，生育初期遇高溫之二期作稻根雖然伸長快速，分枝根較多，但其根徑較細，生育後期則腐敗根之比率較一期稻作者為多。又由稻葉及稻田土壤中磷、鉀含量分析之結果推論得知，二期作稻根對營養要素吸收之能力較差。以上可能是二期稻作之稔實率與千粒重較低，以至產量較低之主要原因。

## 前　　言

水稻為我國最主要之糧食作物，一年可種植兩期。以往之統計資料顯示，臺灣第一期稻作面積約三十四萬公頃；第二期稻作面積約四十萬公頃[24]。但第二期作之單位面積產量常偏低，約僅為一期作者之80%[6,23,29]。

如衆所周知，本省耕地面積擴展不易，提高單位面積之作物產量將是增産之最有效途徑。其中又以改進低産地區或低産期作産量之方案最受重視。關於水稻二期作産量偏低的問題，雖已有不少之研究[6,29]，但大多偏重於氣象環境與水稻地上部生育間關係之探討。水稻之根部是其吸收營養要素之器官，其生理作用與地上部之生長發育息息相關[7,8,36]。水稻根部之生育表現雖已漸被國內研究者重視，但由於稻根生長於湛水之水田土壤中，研究不易，目前為止，尚很少有研究報告。本實驗之目的在於研究比較本省一、二期稻作各生育時期之土壤環境，根部活力與葉部營養要素之差異，並分析研討該等性狀之相互關係，及其與產量間之相關關係，以增進稻作栽培之基礎知識，提高稻作單位面積產量。

## 材料與方法

本實驗利用國立嘉義農專實驗農場水田進行。即於同一塊水田，按照當地推廣之田間作業曆種植一、二期水稻。實驗材料選用當地推廣多年之品種臺南5號，一本植。為便於根部調查，行株距定為

* 行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產—080（2—17）與70農建—5.1—產—06（2—8）

24×24公分。兩期作均施與同樣之肥料、灌排水、除草及病蟲害等田間管理措施。又於插秧之後，各於分蘖初期、分蘗盛期、孕穗期、開花期、糊熟期及黃熟期等不同生育時期分別進行下列調查研究。

(一)利用可攜帶之 Jenco Electronics 707型直讀式溫度計測定氣溫與湛水狀態稻田表土及距表土 5、10、15、20及25公分深處之地溫，以便瞭解水田之氣溫與地溫間之關係，以及稻根分布最多之耕土層之地溫。

(二)以攜帶式 TOA RM-IK 型 ORP meter 測定湛水狀態稻田耕土層（土表下10公分處）之氧化還原電位（Eh值）。

(三)以改良方塊法（improveed monolith method, 40×45×10cm）[3,34] 調查稻根之分布及腐敗根之情形。

(四)以 $\alpha$-萘胺（$\alpha$-NA）法 [1,37] 測定稻根之氧化力（oxidizing ability）[18]，即稻根氧化根圈還原性物質以保護本身不受毒害之能力。

(五)採取稻田土壤及水稻主稈最上部已展開之葉片三葉，測定其磷 [3,10] 與鉀 [9,10] 之含量。

(六)逢機取樣一百株調查一、二期作之產量，並取樣二十株分析產量構成因素 [15,35] 之差異。

## 實驗結果

本實驗於民國六十八年及六十九年進行。根據中央氣象局嘉義氣象測站資料 [4,5]，本地區插秧期、分蘗初期、分蘗盛期、孕穗期、開花期、糊熟期及黃熟期等水稻生育時期，六十八年一期作之平均氣溫分別爲17.6、18.5、19.9、22.8、24.5、25.5及26.5°C；同年二期作之平均氣溫分別爲 28.9、27.5、26.6、24.5、22.3、21.2及20.0°C。六十九年一期作各該生育期之平均氣溫分別爲16.2、15.8、21.0、22.6、25.5、27.1 及 28.7°C；同年二期作者則分別爲 29.0 、 28.0 、 26.6、25.7、24.7、23.3 及 21.9°C（Table）。該資料顯示，一期作水稻生育初期遇低溫，其生育後期氣溫較高；而二期稻作則生育初期遇高溫，其生育後期氣溫較低。另一值得說明之現象是，在孕穗期以前，二期作之氣溫常高於一期作者；開花期以後，一期作之氣溫常高於二期作者。又，在分蘗盛期以前，一期作之

**Table 1.** Comparison between the air temperatures of the first and second rice crops at growth stages.

| Year | Crop | Growth stage | Trans-planting | Early tillering | Vigorous tillering | Booting | Flowering | Dough | Maturity |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1979 | First crop | Ave. Temp. | 17.6 | 18.5 | 19.9 | 22.8 | 24.5 | 25.5 | 26.5(°C) |
| | | Max. Temp. | 29.2 | 28.9 | 31.7 | 32.2 | 34.2 | 34.2 | 33.9(°C) |
| | | Min. Temp. | 9.2 | 7.3 | 9.0 | 13.2 | 16.2 | 17.9 | 19.6(°C) |
| | Second crop | Ave. Temp. | 28.9 | 27.5 | 26.6 | 24.5 | 22.3 | 21.2 | 20.0(°C) |
| | | Max. Temp. | 35.6 | 34.4 | 34.5 | 34.0 | 32.5 | 32.5 | 31.6(°C) |
| | | Min. Temp. | 23.0 | 22.4 | 17.6 | 15.9 | 14.2 | 11.7 | 9.2(°C) |
| 1980 | First crop | Ave. Temp. | 16.2 | 15.8 | 21.0 | 22.6 | 25.5 | 27.1 | 28.7(°C) |
| | | Max. Temp. | 26.2 | 27.8 | 31.5 | 32.0 | 33.2 | 34.7 | 36.1(°C) |
| | | Min. Temp. | 7.5 | 7.7 | 13.5 | 13.0 | 18.4 | 19.8 | 21.2(°C) |
| | Second crop | Ave. Temp. | 29.0 | 28.0 | 26.6 | 25.7 | 24.7 | 23.3 | 21.9(°C) |
| | | Max. Temp. | 36.1 | 34.4 | 35.2 | 34.4 | 33.6 | 32.0 | 30.4(°C) |
| | | Min. Temp. | 22.3 | 23.0 | 20.0 | 18.8 | 17.5 | 15.0 | 12.4(°C) |

最低氣溫常在 10°C 以下；而二期作之最高氣溫常達35°C 左右。

爲瞭解稻根生長之水田土壤溫度，本研究實際測定稻田氣溫及湛水土壤之表土及距表土 5、10、15、20及25公分深處之地溫，經統計結果獲悉表土溫與氣溫有直線相關關係，可用下列迴歸方程式表示之。

**Table 2.** Comprison between the temperatures of plow soil in paddy field of the first and second rice crops at growth stages

| Year | Crop | Growth stage | | Trans-planting | Early tillering | Vigorous tillering | Booting | Flowering | Dough | Maturity |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1969 | First crop | Temp. of surface soil | Ave. | 18.7 | 19.4 | 20.6 | 23.0 | 24.5 | 25.3 | 26.2(°C) |
| | | | Max. | 28.4 | 28.2 | 32.8 | 33.5 | 37.1 | 36.5 | 36.1(°C) |
| | | | Min. | 9.2 | 7.12 | 9.0 | 13.6 | 17.5 | 18.9 | 20.4(°C) |
| | | Temp. of plow soil | Ave. | 17.9 | 18.6 | 19.8 | 22.2 | 23.7 | 24.5 | 25.4(°C) |
| | | | Max. | 27.6 | 27.4 | 31.1 | 31.8 | 35.4 | 34.8 | 34.4(°C) |
| | | | Min. | 11.9 | 9.8 | 11.7 | 16.3 | 16.7 | 18.1 | 19.6(°C) |
| | Second crop | Temp. of surface soil | Ave. | 28.2 | 27.0 | 26.2 | 24.5 | 22.6 | 21.7 | 20.7(°C) |
| | | | Max. | 38.6 | 36.8 | 36.9 | 36.2 | 35.4 | 34.0 | 32.6(°C) |
| | | | Min. | 23.2 | 22.7 | 18.7 | 17.2 | 14.7 | 12.0 | 9.2(°C) |
| | | Temp. of plow soil | Ave. | 27.4 | 26.2 | 25.4 | 23.7 | 21.8 | 20.9 | 19.9(°C) |
| | | | Max. | 36.9 | 35.1 | 35.2 | 34.5 | 33.7 | 32.3 | 30.9(°C) |
| | | | Min. | 22.4 | 21.9 | 17.9 | 16.4 | 17.4 | 14.7 | 11.9(°C) |
| 1980 | First crop | Temp. of surface soil | Ave. | 17.5 | 17.1 | 21.5 | 22.9 | 25.3 | 26.7 | 28.0(°C) |
| | | | Max. | 25.9 | 27.2 | 31.8 | 33.1 | 35.0 | 37.2 | 39.3(°C) |
| | | | Min. | 7.3 | 7.6 | 14.0 | 3.4 | 19.3 | 20.5 | 21.7(°C) |
| | | Temp. of plow soil | Ave. | 16.7 | 16.3 | 20.7 | 22.1 | 24.5 | 25.9 | 27.2(°C) |
| | | | Max. | 25.1 | 26.4 | 30.1 | 31.5 | 33.3 | 35.5 | 37.6(°C) |
| | | | Min. | 10.0 | 10.3 | 16.7 | 16.1 | 18.5 | 19.7 | 20.9(°C) |
| | Second crop | Temp. of surface soil | Ave. | 28.3 | 27.4 | 26.2 | 25.4 | 24.6 | 23.7 | 22.3(°C) |
| | | | Max. | 39.3 | 36.8 | 38.0 | 36.8 | 35.6 | 33.2 | 30.8(°C) |
| | | | Min. | 22.6 | 23.2 | 20.7 | 19.7 | 18.6 | 15.6 | 12.5(°C) |
| | | Temp. of plow soil | Ave. | 27.5 | 26.6 | 25.4 | 24.6 | 23.8 | 22.9 | 21.5(°C) |
| | | | Max. | 37.6 | 35.1 | 36.3 | 35.1 | 33.9 | 31.5 | 29.1(°C) |
| | | | Min. | 21.8 | 22.4 | 19.9 | 18.9 | 17.8 | 14.8 | 15.4(°C) |

即當氣溫小於 15°C時，表土溫＝－0.9°C＋(1.1) (氣溫x°C)

當氣溫介於 15～30°C時，表土溫＝3.9°C＋(0.84) (氣溫x°C)

當氣溫大於 30°C時，表土溫＝－14.8°C＋ (1.5) (氣溫x°C)

再者，不同深度之地溫亦與表土溫成直線相關關係，可用下列迴歸方程示表示之。

即當表土溫小於15°C時，地溫＝表土溫x°C＋(0.18°C) (深度 y 公分)

當表土溫介於15～30°C時，地溫＝表土溫x°C－(0.05°C) (深度 y 公分)

當表土溫大於 30°C時，地溫＝表土溫 x°C－(0.11°C) (深度y公分)

將氣溫之資料代入上列方程式，即可求得一、二期稻作各生育期不同深度土層之溫度。

本研究挖根調查結果得知水稻根部分布最多的是表土以下約十五公分之耕土層。換言之，表土及其下十五公分間耕土層之溫度對於稻根之生育具有決定性之影響。從上述資料估算結果，插秧期、分蘗初期、分蘗盛期、孕穗期、開花期、糊熟期及黃熟期之耕土層(表土～犂底層)之溫度就平均而言，六十八年一期作分別爲18.7～17.9、19.4～18.6、20.6～19.8、23.0～22.2、24.5～23.7、25.3～24.5 及 26.2～25.4°C；同年二期作分別爲28.2～27.4、27.0～26.2、26.2～25.4、24.5～23.7、22.6～21.8、21.7～20.9 及 20.7～19.9°C。六十九年一期作分別爲17.5～16.7、17.1～16.3、21.5～20.7、22.9～22.1、25.3～24.5、26.7～25.9及28.0～27.2°C； 同年之二期作則分別爲 28.3～27.5、27.4～26.6、26.2～25.4、25.4～24.6、24.6～23.8、23.7～22.9 及 22.3～21.5°C (Table 2)。由此可見，稻根生長之耕土層在一期作生育初期溫度較低，生育後期溫度較高；相反地，二期作則生育初期溫度較高，生育後期溫度較低。再者，在孕穗期以前，二期作稻田耕土層之溫度高於一期作者；開花期以後，則反以一期作耕土層之溫度高於二期作者。以絕對溫度而言，分蘗盛期以前一期作耕土層之最低溫度常在 10°C 以下；而二期作耕土層之最高氣溫常在35°C以上 (Table 2)。

爲比較兩期稻作生育期間稻田土壤之還原程度，於六十九年一、二期作測定稻田耕土層(表土下十公分處)土壤之氧化還原電位結果，一期作插秧期、分蘗初期、分蘗盛期、孕穗期、開花期、糊熟期及黃熟期之 Eh 値分別是－67mV、－177mV、－232mV、－224mV、－238mV、－234 mV 及－165mV；而二期作該等生育期之 Eh 値分別是－228mV、－276mV、－270mV、－276mV、－267mV、－267mV 及－144mV (Table 3)。該結果顯示，二期作稻田土壤常比一期作者呈較明顯之還原狀態。

**Table 3.** Comparison between the Eh values of paddy soils of the first and second rice crops.

| Growth stage | Trans-planting | Early tillering | Vigorous tillering | Booting | Flowering | Dough | Maturity |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| First crop | －67±38 | －177±24 | －232±25 | －224±29 | －238±26 | －234±24 | －165±42(mV) |
| Secon crop | －228±42 | －276±35 | －270±17 | －276±32 | －267±46 | －267±32 | －144±52(mV) |

Note : The Eh values were determined under water-logged condition except that of maturity stage. ± indicated the confidence limits of means.

一、二期作單位根重之氧化力，以 α-萘胺法測定五重複，平均結果，在分蘗初期、分蘗盛期、孕穗期、開花期、糊熟期及黃熟期，六十八年一期作分別爲183、114、52、42、47及53 μgα-NA/g. dry wt./hr.；同年二期作分別爲 96、57、39、33、31及30 μgα-NA/g. dry wt./hr.。六十九年一期作分別爲 161、63、39、35、33及44 μgα-NA/g. dry wt./hr.；同年二期作則分別爲117、54、29、31、27 及 28 μgα-NA/g. dry wt./hr.(Fig. 1)。

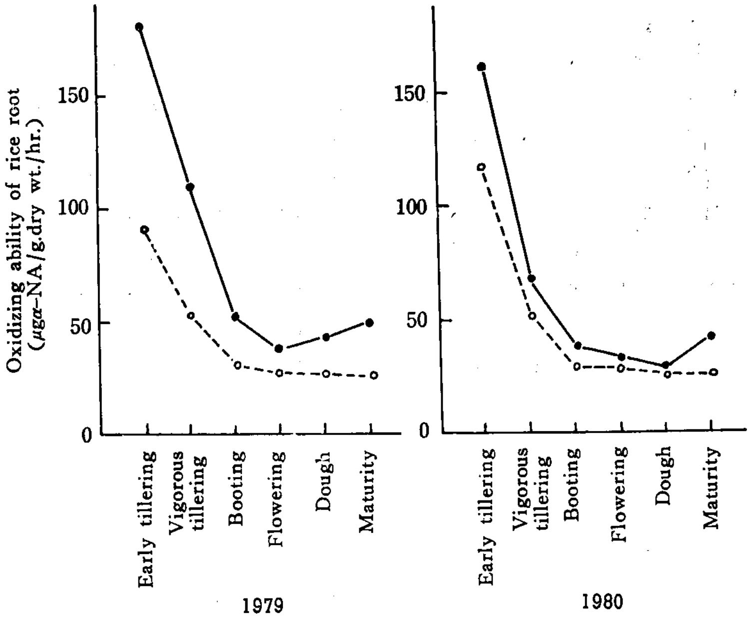



**Fig. 1.** Comparisson of the oxidizing abilities between the roots of the first and second rice crops ●—● First crop ○…○ Second crop

由此可見，無論一期作或二期作，稻根之氧化力均以生育初期較高，在開花期以前，隨着生育期之演進而降低。值得特別重視的是，整個生育期，一期作稻根之氧化力常高於二期作稻根，而且六十八年與六十九年試驗之結果相當一致。

在水稻各生育時期，從稻田採取十個土壤樣品

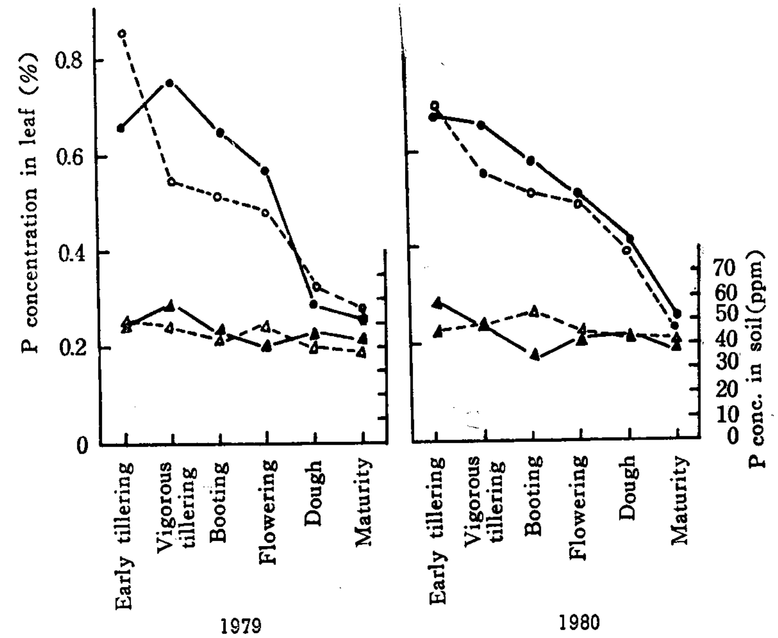



**Fig. 2.** Comparison between the phosphorus concentrations in leaves and paddy soils of the first and second rice crops. ●—● First crop-rice leaf, ○—○ Second crop-rice leaf, ▲—▲ First crop-paddy soil, △…△ Second crop-paddy soil,

，經充分攪拌混合後，分析磷含量三次平均結果，在分蘗初期、分蘗盛期、孕穗期、開花期、糊熟期及黃熟期，六十八年一期作分別爲49、58、47、41、46及44ppm；同年二期作分別爲50、49、44、50、39及40ppm。六十九年一期作分別爲58、48、35、43、43及39ppm；同年二期作則分別爲46、49、53、46、44及42ppm（Fig. 2）。在上述生育時期逢機採取十株以上之水稻最上部已展開之三個葉片，亦經粉碎充分攪拌混合後，分析其磷含量三次平均結果，在分蘗初期、分蘗盛期、孕穗期、開花期、糊熟期及黃熟期，六十八年一期作分別爲0.66、0.75、0.65、0.57、0.30及0.26%；同年二期作分別爲0.82、0.58、0.54、0.48、0.33及0.28%。六十九年一期作分別爲0.67、0.65、0.57、0.53、0.43及0.26%；同年二期作則分別爲0.69、0.56、0.53、0.49、0.39及0.23%（Fig. 2）。可見六十八年及六十九年均顯示，一、二期作稻田土壤中磷要素含量沒有一定之差異趨勢；但分蘗盛期至開花期間稻葉中之磷含量一期作者比二期作者有較高之趨勢。

如上述方法取樣，分析稻田中鉀要素含量求平均值結果，分蘗初期、分蘗盛期、孕穗期、開花期、糊熟期及黃熟期，六十八年一期作分別爲97、98、85、83、90及88ppm；同年二期作分別爲 112、102、102、103、93、92 及94ppm。六十九年一期作分別爲97、126、91、99、97 及94ppm；同年二期作則分別爲88、93、90、90、86及83ppm（Fig. 3）。經分析稻葉中鉀要素含量結果，分蘗初期、分蘗盛期、孕穗期、開花期、糊熟期及黃熟期，六十八年一期作分別爲2.30、2.61、2.33、1.82、1.48及1.44%；同年二期作分別爲2.37、2.52、2.03、1.70、1.39及1.05%。六十九年一期作分別爲2.60、2.80、2.20、2.07、1.84及1.79%；同年二期作分別爲2.41、2.05、1.81、1.65、1.44及1.09%（Fig. 3）。由此可見稻田中鉀要素之含量六十八年二期作者較一期作者略高；而六十九年反以一期作者較二期作者略高。然而這兩年稻葉中鉀要素之含量常以一期作者保持較高。

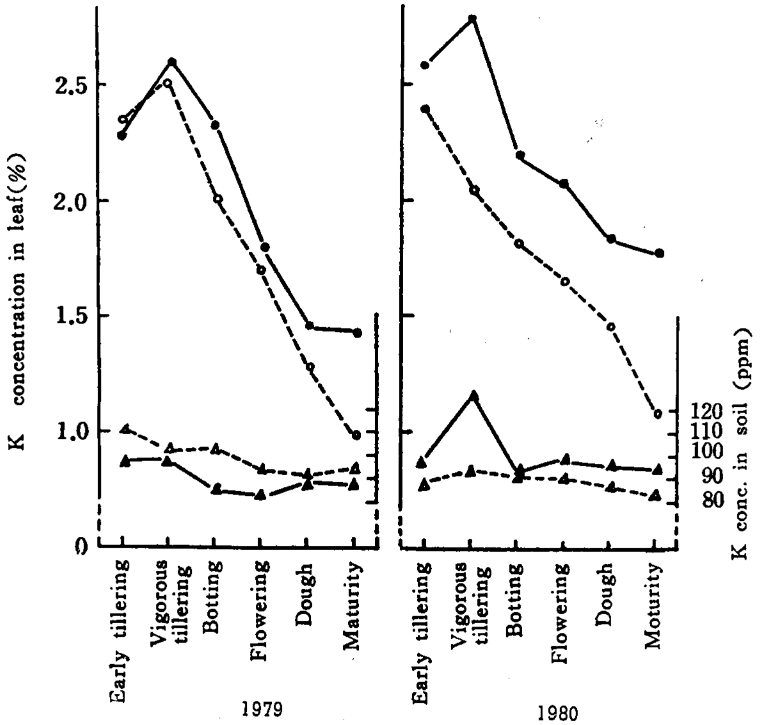
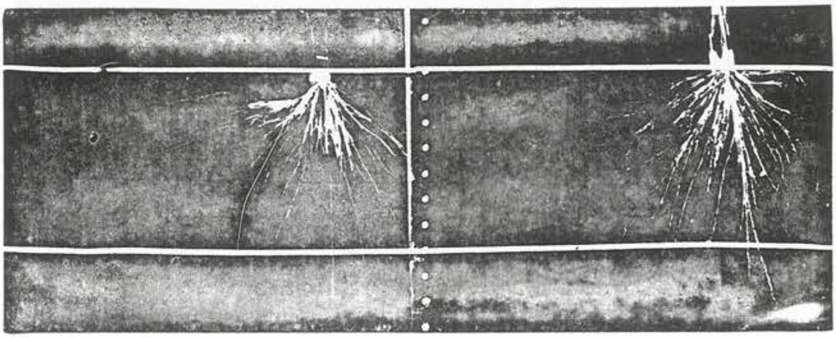


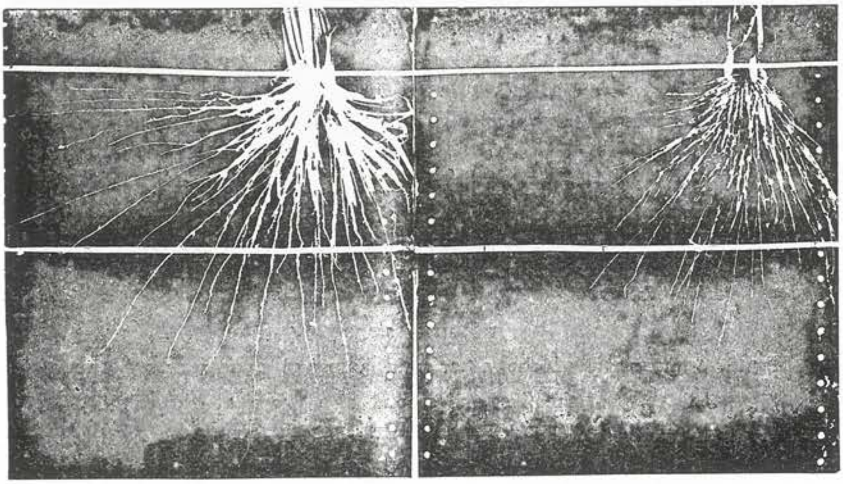

Fig. 3. Comparison between the potassium concentrations in leaves and paddy soils of the first and second rice crops. ●—● First crop-rice leaf, ○…○ Second crop-rice leaf, ▲—▲ First crop-paddy soil, △…△ Second crop-paddy soil.

爲瞭解稻根之分布及外觀活力之表現，以改良方塊法將稻根掘起，小心冲去土壤，觀察結果獲悉大部份之稻根分布於耕土層。又生育初期，二期作稻根伸長生長快速，分枝根較多，但其根徑較細；一期作稻根雖伸長較慢，但其根徑較粗，根表被覆有相當明顯之紅棕色氧化鐵沉澱。再者，於生育後期二期作水稻由於腐敗根比率較高，洗根時容易被水冲走，故稻根顯得較一期作者短而稀疏，外觀上其活力亦較一期作者爲差（Fig. 4、5）。



First crop　　Second crop

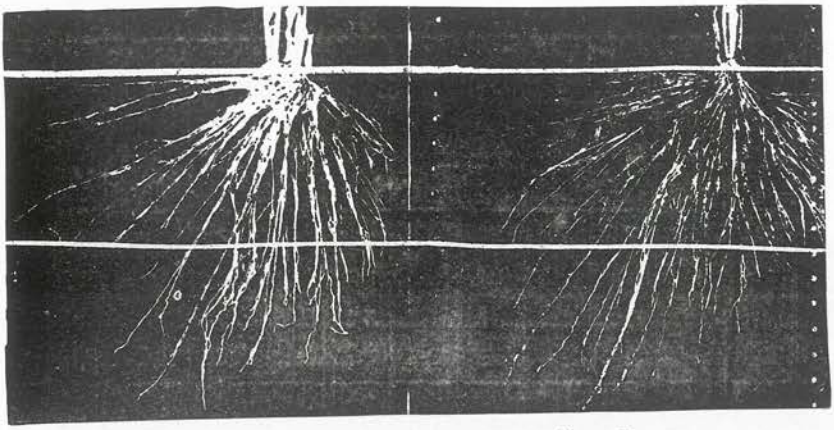
Early tillering stage



First crop　　Second crop

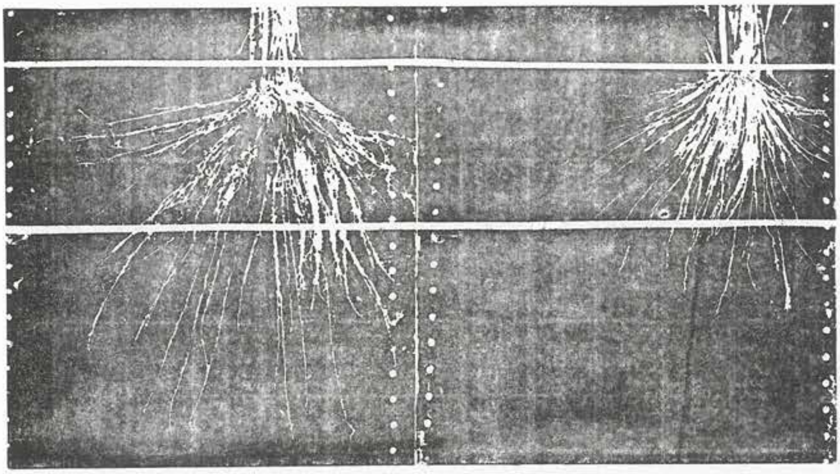
Vigorous tillering stage

Fig. 4. Comparison of the outer morphlogical appearances between the roots of the first and second rice crops at tillering stages. Upper white line : surface soil ; lower white line : plow sole.



First crop Second crop

Flowering stage



First crop Second crop

Maturity stage

**Fig. 5.** Comparison of the outer morphological appearances between the roots of the first and second rice crops at flowering and maturity stages.

經取樣調查產量結果，六十八年一期作稻穀之產量每公頃5,366公斤，二期作稻穀產量每公頃僅3,968公斤，後者僅爲前者之74%。又六十九年一期作產量爲5,776公斤，二期作產量爲4,016公斤，後者僅爲前者之71%。穗長經調查，結果，六十八年一、二期稻作分別爲19.1及21.5公分；六十九年一、二期稻作則分別爲18.0及19.6公分。經分析產量構成因素之差異結果，獲悉六十八年第二期稻作之穗數、一穗粒數、稔實率及千粒重分別爲第一期稻作者之 85%、132%、78%及99%；六十九年第二期作之穗數、一穗粒數、稔實率及千粒重則分別爲其第一期稻作之91%、103%、75%及89%（Table 4）。

**Table 4.** Differences in yields and their components between first and second rice crops

| | Yield component | 穗　數 | Grain num. per ear. | % of fertile grains | Wt. of 1000 grains (g) | Yield (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (1979) | (A) First crop | 12.6 | 113.3 | 94.4 | 24.9 | 5,366 |
| | (B) Second crop | 10.8 | 149.4 | 73.1 | 23.6 | 3,968 |
| | B/A×100% | 85% | 132% | 78% | 99% | 74% |
| (1980) | (A) First crop | 15.1 | 127.5 | 93.7 | 23.6 | 5,776 |
| | (B) Second crop | 13.7 | 131.4 | 70.2 | 20.9 | 4,016 |
| | B/A×100% | 91% | 103% | 75% | 89% | 71% |

## 討　論

作物之根部是其吸收水分、營養要素，合成植物荷爾蒙，貯藏養分以及固定與支持植物體的重要器官。水稻根部經常生長於湛水之水田土壤中，其生育之環境與旱作物之根部有很大的差異[16,17]。目前爲止，已有許多研究論及二期稻作低產有關地上莖葉部之生育問題[6,23,29]，也有許多報告指出水稻根部之生理機能與其地上部之生長發育息息相關[7,8,33,36]。本研究經有系統地探討二期稻作低產有關根部之生理與生態原因，玆將實驗結果與有關資料討論於後。

一般認爲溫度對於本省一、二期稻作之生育與產量影響甚大。Tajima 經試驗結果指出水稻根部受溫度之影響比其地上部更爲敏感[38]。本研究調查稻根之生育環境結果得知，在湛水稻田表土溫與氣溫有直線相關，又表土溫與不同深度之土溫亦有直線相關。因此在不同深度生長稻根之周圍土壤溫度，均可由氣溫間接估算，相當方便。由於水稻根部分布最多的是耕犂過之土層。本省一般水田耕犂深度約15公分，故土表下15公分範圍內耕土層之溫度與其生育環境對於稻根之生育具有決定性的影響。本省一期稻作生育初期正遇低溫，例如民國68年插秧期平均氣溫爲 17.6°C，時表土溫爲 18.7°C，犂底層溫度爲 17.9°C。如就最低溫度而言，68年一期作之分蘗初期最低氣溫達 7.3°C，時之表土溫爲7.1°C，而犂底層溫度爲 9.8°C。相反地，二期作之生育初期遇高溫，例如民國68年與69年插秧期之平均氣溫爲29°C左右，時稻田之表土溫約 28.3°C，犂底層溫度約27.5°C。又69年該生育時期水稻遭遇之最高氣溫爲 36.1°C，時表土溫高達 39.3°C，犂底層溫度亦高達 37.6°C (Table 1、2)。可見本省一、二期稻根生育之溫度環境有極大的差異，而且二期稻作生育初期根部所遭遇之最高溫度較其莖葉部所遭遇者更高。林[11] 在水稻不同生育時期給以高水溫 (38°C) 處理，實驗結果指出，生育早期高水溫的影響較爲顯著，可能是生育早期水稻根的生長點均在基部，直接受到高水溫之侵害較大。

本實驗經挖根調查結果，生育初期遇高溫之二期作稻根伸長生長快速，分枝根較多，但其根徑較細，生育後期腐敗根比率較高；而生育初期遇低溫之一期作稻根雖剛開始伸長生長較緩慢，但其根徑保持較粗，根表被覆有較多之紅棕色氧化鐵，外觀上其活力一直維持較高 (Fig. 4、5)。可見生育初期快速伸長之稻根，其活力衰退亦較快。

侯[20] 曾利用可在培養基中生長良好之臺中在

來一號水稻分離根[26]，以溫度控制精確之恒溫箱培養，研究溫度（15～36°C）之影響，得知稻根生長之最適溫度爲28°C左右，而在較低溫環境下生長之稻根，伸長較慢，分枝根較少，根徑保持較粗並富有活力，與一期作稻根生育初期之長相類似；在較高溫環境下生長之稻根則分枝根較多，主根與分枝根之根徑均較細，與二期作稻根之外形類似。當溫度高達 34°C 以上時，根尖之生長點在短期間內退化，生長極差。由此推論，一、二期稻根活力之維持及其外觀形態之不同，與這兩期水稻生育初期所遭遇之溫度有密切之相關。三屋等[2]曾以臺中65號水稻品種研究一、二期水稻生育之情形，發現在插秧後一個月內，無論每日根長伸長速度、根重或根在土壤中生長之幅度均以二期作較快，但此後則相反地以一期作較快，而且在生育後期根重及根數均以一期作較多。吳[13]以同一品種研究結果亦顯示，在生育後期二期作水稻之根系發育較一期作者差。磯[30]亦曾報告，水稻生育後期，總根數及新根數均以一期作較多。

土壤之氧化還原狀態可以 Eh 值表示。旱田土壤，由於其粒子與粒子之空隙中存有氧氣，常呈氧化狀態，Eh 爲正值；而水田土壤經湛水後，土壤空隙中之空氣被水取代，呈還原狀態，Eh 爲負值[16,31]。惟水田土壤之還原程度常隨地溫、地勢、灌排水、有機質肥料之施用，以及種植作物之根部氧化力等之不同而異[17]。即土壤中有機質（尤其未經腐熟者）愈多，溫度愈高，及所種植之作物根部氧化力愈低，則土壤之還原狀態愈明顯。在還原狀態之水田土壤中，常有對根有害之還原性物質如 $Fe^{++}$、低級脂肪酸及硫化氫等之存在[12,22,39]。當土壤還原狀態愈明顯時，該等物質越安定，而且在排水不良之低窪地，該等物質不易排除，對於稻根之生長極爲不利。本實驗結果獲悉，在水稻糊熟期以前，二期作之 Eh 值常較一期作爲低（Table 3）。亦即二期作常生長於較爲不利之土壤環境中。二期作稻田土壤之 Eh 值較低，似與其生育初期地溫較高（Table 3），稻根之氧化力較弱（Fig. 1），以及兩期作中間水田之休閒期較短有關。已有研究報告[22,34]指出，水稻新根之氧化力較老根者爲强。在生育初期由於新根不斷的產生，單位重量根之氧化力甚强；到孕穗期以後，因不再有新的根羣發生，故根之氧化力變爲甚弱。該結果與本實驗（Fig. 1)類似。本實驗以改良方塊法挖根調查結果，發現一期作稻根外表被覆有較多之氧化鐵，以 α-萘胺法測定結果亦顯示一期作稻根之氧化力常較二期作高（Fig. 1），這兩結果甚爲一致。蔡[25]實驗報告指出，高水溫（38°C）環境下栽培之水稻根部生育不良，根數多但短，容易衰老，且氧化力減弱。侯最近之實驗報告，稻根之氧化力與生理活力受施用肥料之影響甚大，即三要素中，任一要素之供給欠缺，或失去平衡，會使稻根之氧化力及生理活力降低[19]，又還原狀態土壤中容易發生之硫化氫及低級脂肪酸等亦會使稻根之氧化力降低[21]。由上述結果推論，二期水稻根部之氧化力較差似與其稻田土壤呈較明顯之還原狀態以及磷鉀之吸收較少有關。

水稻之根部是其吸收營養要素之主要器官。而營養要素之吸收與土壤溫度，土壤中含該等要素之濃度，及根部之吸收能力等息息相關。本實驗分析與主動吸收關係密切之磷、鉀兩要素結果，二期水稻在土壤中含磷、鉀未見較少，且溫度較高，亦即較適宜吸收之環境下，其葉部所含之磷與鉀却比一期作者少（Fig. 2、3）。以往有關這兩期作稻葉中磷、鉀含量分析比較結果[28,32]，亦與本實驗類似。許多報告[12,22,27]指出，水田中之還原性物質會抑制呼吸作用之細胞色素（Cytochrome）系統，使需能之營養要素吸收受抑制。由此推論二期水稻葉部之磷鉀含量較少，似是其稻根主動吸收之能力較差以及二期作稻田土壤較爲還原，還原性物質較多所致。

根據產量調查結果，民國六十八年二期作稻僅爲一期作稻之74%，六十九年則二期僅爲一期者之71%（Table 4）。經分析比較產量構成因素結果，二期作低產之原因係其穗數、稔實率及千粒重較低所致。而穗長及一穗粒數則反以二期作者較高。本省二期稻作低產地區經產量構成因素分析結果，大多與本實驗結果類似[6,23,29]。二期作在分蘗期遇高溫，分蘗受抑制，故穗數減少，已爲衆所周知之事實，在此不再加以論述。至於二期稻作低產有關根部之原因，綜而言之，係其根部在生育初期遭遇高溫，伸長快速，根徑較細，根之生理活力及氧化力均常較一期作者爲弱，又二期作稻田之還原狀態常較明顯，其稻根長期生長於較爲還原之土壤中，容

易受到還原性物質之侵害，故磷、鉀等營養要素之吸收較少。再者，二期作穎花決定時期溫度較高（Table 1 、2），較爲適宜，退化之穎花數較少，故穗長及一穗粒數均較多（Table 4），但在米粒形成關係最密切之生殖生長期，其腐敗根比率較多，稻根之活力更爲低落，因而光合作用之效率差，生成有限之光合產物不够分配充實每一穎花，導致稔實率及千粒重均較低。是故，如能密植，增加單位面積穗數，改善稻根之生育環境[14]，增强稻根之氧化力及其對營養要素之吸收能力，並使稻根能在生育後期維持較高之活力，可望提高二期稻作之單位面積產量。

## 引用文獻


1. 山田登、太田保夫、中村拓。1961。α-ナフチルアミンによる稻根の活力診斷。農業及園藝36：1983—1985。
2. 三屋壽夫、倉光正治、山口知。1943。臺灣ニ於ケル水稻根羣，發育ニ關スル研究。臺灣農會報5（2，3）。
3. 土壤養分測定委員會編。1971。土壤養分分析法。訂正2版 pp. 6-10。養賢堂，東京。
4. 中央氣象局應用氣象組農業氣象科。1979。農業氣象旬報第26卷合訂本。臺北市。
5. 中央氣象局應用氣象組農業氣象科。1980。農業氣象旬報第27卷合訂本。臺北市。
6. 李水龍、湯文通。1963。臺灣水稻第二期作單位面積產量不如第一期作之原因及其改進方法。科學農業11：9—33。
7. 李鍾薰、太田保夫。1971。水稻の地上部の形質におよぼす根の役割に關する研究—第5報施肥位置および施肥量のちがい根と地上部諸形質におよぼす影響。日本作物學會紀事40：217—222。
8. 延圭復、太田保夫。1973。水稻葉の老化と根の活力との關係について。日本作物學會紀事42：13—17。
9. 作物分析法委員會編。1976。營養診斷のための栽培植物分析測定法（第3版） pp. 6-8, 63-75。養賢堂，東京。
10. 林家棻。1967。臺灣省農田肥力測定。臺灣省農業試驗所報告第28號。
11. 林秀雄。1976。高水溫對於臺灣二期水稻生理生態之影響。中華農學會報新95：24—35。
12. 吳振能。1967。水稻窒息病。臺灣農業研究中心，作物生理講習會專利pp. 99-120。臺北市。
13. 吳振能。1970。臺灣水稻第一、二期產量不同的生理原因研究。臺灣省農業試驗所油印報告。臺北市。
14. 吳育郎、鍾德月、周德雄、楊俊彥、劉文慶。1978。臺灣南部二期作水稻綜合改進。中華農學會報新103：43—58。
15. 松島省三、山口俊二、岡部俊。1952。水稻收量構成四要素の決定時期特に決定終期。農業及園藝27：12。
16. 侯清利。1977。湛水水田土壤環境與稻根之生理特性。嘉義農專農藝學報9：15—21。
17. 侯清利。1979。稻作之土壤與肥料問題。嘉義農專農藝學報11：1—9。
18. 侯清利。1979。水稻根部氧化力及其生理機構。科學農業27：77—81。
19. 侯清利。1981。肥料要素對於稻根氧化力及活力之影響。嘉義農專學報7：1—13。
20. 侯清利。1982。溫度對於水稻分離根生育之影響。未發表資料。
21. 侯清利。1982。溫度、pH 及還原性物質對於稻根氧化力之影響。嘉義農專農藝學報14：1—6。
22. 張守敬譯。1957。（三井進午著，1954）。水稻之營養與土壤管理。科學農業社叢書第三號。臺北市。
23. 黃眞生。1977。水稻第二期作低產之原因。中華農學會報新100：22—33。
24. 臺灣省政府農林廳。1981。臺灣農業年報（民國七十年版）。臺中。
25. 蔡新德。1965。高水溫及高氮肥對於稻根生育與活力之影響。臺大農藝研究所碩士論文。臺北市。
26. 賴光隆、呂宗佳。1971。水稻根生理生態之研究—印度型水稻根之改良培養基與稻根之生育感應。臺大農學院研究報告12：73—94。
27. 賴光隆、侯清利。1973。關於稻根生理生態之研究—硝酸態氮有機酸對分離根呼吸率及生育之影響。臺大農學院研究報告14：131—146。
28. 謝昱璋。1976。第一、二期作水稻之生長及同化能力與產量關係之比較研究。中央研究院總統蔣公逝世周年紀念論文集pp. 463-481。臺北市。
29. 謝順景、劉大江編。1979。臺灣二期稻作低產原因及其解決方法研討會專集。行政院國家科學委員會發行。臺北市。

30. 磯永吉。1934。增補水稻耕種法講演 pp. 59-67。臺灣農會發行。臺北市。
31. Chang, S. C. 1971. Chemistry of paddy soil. ASPAC Food & Fertilizer Technology Center. Extensin Bulletin No. 7. Taipei .
32. Chen , S. C., D. D. Huang, M. C. Shen and D. J. Liu. 1980. Carbohydrate, N, P and K status of developing rice (*Oryza sativa L.*) plants grown in the first and second crop seasons in Taiwan. Jour. Agric. Res. China 29(2) : 81-92.
33. Fujii, Y. 1974. The morphlogy and physiology of rice roots. ASPAC Food & Fertilizer Technology Center. Technical Bulletin No. 20, Taipei .
34. Hou, C. R. 1976. Studies on the differentiation of physiological characterstics of the roots of rice plants (*Oryza sativa L.*) Ph. D. Dissertation, National Taiwan University Taipei .
35. Ishizuka, Y. 1973. Physiology of the rice plant. ASPAC Food & Fertilizer Technology Center. Technical Bulletin No. 13. Taipei.
36. Murata, Y, J. Iyama and T. Honma. 1965. Studies on the photosy nthesis of rice plants XIII. On the interrelationships between photosynthetic activity of the leaf and physiological activity of the root. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 34 : 148-153.
37. Ota, Y. 1970. Diagnostic mothods for the measurement of root activity in rice plant. JARQ 5(3) : 1-6.
38. Tajima, K. 1965. Studies on the physiology of crop plants in response to the effect of high temperature II. Inhibition by high temperature of cytochrome C oxidase activity and its restoration by phospholipid. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 33 : 375-378.
39. Wang, T. S. C. 1967. Soil organic compounds as plant growth promotors and inhibitors. Soil and Fertilizer in Taiwan pp. 1-13.

# Comparison between the Soil Conditions, Root Activities and Yields of the First and Second Rice Crops*

Chin-hi Hou and Jen-Chen Huan

*Department of Agronomy*
*National Chia- Yi Institute of Agriculture*
*Chia-Yi, Taiwan 600*
*Republic of China*

## Summary

Two crops of rice can be cultivated in a year in most part of Taiwan. The first crop is grown in the former half of a year, and the second crop is in the later half. However, the yield per unit area of the second crop is always about 20% lower than that of the first in the past years. The research was designed to elucidate the causes of low yield of the second rice crop especially concerning the roots and their growth environments. Results were summerized as follows.

Most of the root system distributed in the plowed soil, i. e., in a layer about 15 cm below the surface of the soil. It was found that before booting stage the temperature of this layer of the second crop was always higher than that of the first crop. And until dough stage, the Eh value of this layer of the second crop was always lower than that of the first crop. Moreover, in the earlier stage, the tendency was more clear.

The roots of the second rice crop always grew in more reduced and unfavorable environment of the paddy soil. Furthermore, their oxidizing abilites were always lower than those of the first crop. Therefore, their roots could more easily be damaged by reduced substances in the soil. It was also noticed that the elongation rate of the roots of the second crop was faster but the roots became thinner when they grew in a higher temperature during the early growth stage. The outer morphological appearance also showed that the ratio of rotten roots of the second crop was higher at later growth stage. The analyses of phophorus and potassium in rice leaves and paddy soil revealed that the absorption ability of the second crop was lower than that of the first crop. The above facts may be the main cause of lower percentage of fertile grain as well as lower grain weight, and consequently influence the yield in the second rice crop.

---

* Supported by grants 1980-5.1-080 (2—17) and 1981-5.1-06 (2—8) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 氣象對臺灣一、二期稻作農藝性狀影響之研究*

劉 清 謝順景** 林明華

臺灣省農業試驗所農藝系

## 摘 要

利用全省7個地區，5個品種之22套水稻長期區域試驗資料來分析氣象因子對農藝性狀之影響。所考慮之氣象因子有抽穗前45天及抽穗後30天之平均氣溫及平均日照時數，農藝性狀有生長日數（由移植到抽穗日數）、成熟日數（由抽穗到成熟日數）、株高、穗數及產量等，因子分析的結果發現氣象因子影響農藝性狀的方式及程度因地區、品種和期作而互異，期作間之差異與氣象因子的關係亦隨地區、品種而有所不同。此種現象不僅是由於品種本身遺傳的機制對氣象變化反應的不同，亦由於存在有遺傳與環境的交感作用。正典相關分析的結果顯示4氣象因子與5個農藝性狀的相關性以臺中及屏東地區爲最大，對品種而言則臺南5號之相關性最高。本研究認爲一、二期作產量提高的關鍵在於如何由育種上及栽培上去盡量利用氣溫及日照這二大天然資源。

## 前 言

臺灣水稻產量第二期作較第一期作低產爲衆所週知之事實，尤以秈稻之低產情形較稉稻爲嚴重，二期作秈稉稻之產量分別爲一期作之75和80%左右。第二期作低產原因錯綜複雜，有關之研究報告亦甚多，國科會於民國68年所出版之『臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集』一書曾分別由環境因子、植物生理、土壤因子及病蟲害等方面來研究低產之原因，對各種可能之影響因素皆有詳盡的探討，爲至目前爲止對二期稻作低產原因討論最爲詳盡的專書。二期作低產之原因雖然很多，但歸納起來皆或多或少與氣象因子有關（黃，1979）。此源於兩期稻作生長環境的不同主要在於氣象因子的差異（鄔等，1975），由於氣象因子的差異再影響到植物生理、土壤因子和病蟲害等方面，當然氣象因子同時亦影響第一期稻作的產量。因此，氣象因子的不同實爲一、二期作產量差異最根本的原因，所以要提高二期作產量，首先必需明瞭氣象因子對臺灣一、二期稻作產量構成要素及產量的影響。本試驗之目的即針對此一問題探究氣象因子如溫度、日照等對本省第一、二期作稻產量及農藝性狀之影響，並探討氣象因子對不同品種在不同地區之影響方式是否一致。此類資料不僅可作栽培上的對策，同時可供將來水稻育種的參考。

## 材料與方法

欲探討氣象因子對臺灣一、二期稻作產量構成要素及產量的影響時，氣象及農藝資料愈多愈久則所得之結論自愈可靠，但此等氣象及農藝資料必需能互相配合。本文由於需用到長期的氣象及農藝特性紀錄，故利用農試所所保存的歷年稉稻區域試驗資料，並配合中央氣象局發行的農業氣象旬報，來探討兩期作間氣象因子的變化對產量差異的影響。

---

*行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產—080（2—14）。

**現址爲臺灣省彰化縣大村鄉臺中區農業改良場。

資料經整理後共有22套可供分析，今依地區、品種及年數示於表一。供分析用之農藝性狀計有生育日數（由移植至抽穗日數）、成熟日數（由抽穗至成熟日數）、株高、穗數及產量等5項，氣象資料計有抽穗前45天及抽穗後30天之平均氣溫、最高氣溫、最低氣溫、降水量及日照時數等10項。採抽穗前45天及抽穗後30天之氣象資料的原因，在於前者包括整個幼穗分化過程，而後者則包括整個穀粒充實及成熟過程，此期間對產量之影響最大之故。

分析方法首先以原始資料依地點別、品種別及期作別等進行相關分析、因子分析（factor analysis）及轉軸分析（varimax rotation），並計算農藝性狀及氣象因子之正典相關（canonical correlation）係數；次按地點別、品種別等計算相同年度內兩期作資料所有農藝性狀及氣象因素之差異，並以此差異進行上述各項分析。由此等分析，吾人可以探討各品種在不同地點、不同期作下生長時氣象因子對農藝性狀的影響方式及程度，並進而決定影響產量的直接及間接因素，同時可尋找同品種、同地點在不同期作下生長時影響農藝性狀差異的氣象因子。

## 結果與討論

### 一、不同地點、品種及期作之相關及因子分析

由初步之相關分析發現氣象因子之最高氣溫、最低氣溫及降水量等對株高、穗數及產量之影響極小，此可能因最高及最低氣溫之持續時間很短而不致影響水稻之生長，至於降水量則臺灣之灌溉設施良好，已不再成爲影響水稻產量之重要因素。爲提高因子分析及轉軸分析之有效性（efficienc），所以決定去除這些變數，僅以①生育日數、②成熟日數、③株高、④穗數、⑤產量、⑥抽穗前45天之平

表 1. 資料之地區、品種及使用年數

**Table 1.** Region, variety and years of data

| 地區 Region | 品種 Variety | 期作 Crop | 使用年數 Years | 兩期作可配合年數 Years which two crops can match |
|---|---|---|---|---|
| 臺北 Taipei | 臺中65號 Taichung 65 | 1<br>2 | 26<br>25 | 25 |
| 新竹 Hsinchu | 臺中65號 Taichung 65 | 1<br>2 | 22<br>21 | 21 |
| 臺中 Taichung | 臺中65號 Taichung 65 | 1<br>2 | 14<br>13 | 13 |
| 臺中 Taichung | 臺南5號 Tainan 5 | 1<br>2 | 12<br>12 | 11 |
| 屏東 Pingtung | 高雄27號 Kaohsiung 27 | 1<br>2 | 12<br>11 | 11 |
| 屏東 Pingtung | 臺南5號 Tainan 5 | 1<br>2 | 10<br>11 | 9 |
| 屏東 Pingtung | 嘉農242號 Chianung 242 | 1<br>2 | 14<br>13 | 11 |
| 花蓮 Hualien | 嘉南8號 Chianan 8 | 1<br>2 | 20<br>19 | 19 |
| 臺東 Taitung | 嘉南8號 Chianan 8 | 1<br>2 | 26<br>25 | 25 |
| 羅東 Lotung | 臺中65號 Taichung 65 | 1<br>2 | 14<br>13 | 13 |
| 羅東 Lotung | 臺南5號 Tainan 5 | 1<br>2 | 10<br>11 | 9 |

均氣溫、⑦抽穗前45天之平均日照時數、⑧抽穗後30天之平均氣溫及⑨抽穗後30天之平均日照時數等9個變數進行所有分析。22套資料之5個農藝性狀及4個氣象因子分析及轉軸後之因子結構（factor pattern）示於表二至表八。不同品種、不同地區、不同期作的因子結構亦不同，換言之，各品種在不同地區不同期作下，受氣象因子之影響程度及方式也不同。表二至表八僅列出因子分析後之特性根（eigen value）顯著大於1的因子（factor），因本文以各變數之標準化值來進行因子分析，故特性根小於或接近1的因子其解釋變異的能力反較原來的任一變數為小，故予忽略。表二至表八亦僅列出因子負荷量（factor loading）之絕對值大於0.4者，因子負荷量可解釋為變數（variable）及因子（factor）之相關係數，此相關係數之絕對值若小於0.4者，則無多大實際意義可言（Harman, 1967），故為簡要解釋因子結構起見亦予忽略。茲將不同地區，不同品種之產量因子結構分析結果說明如下：

㈠臺北地區一臺中65號（表2）：

表 2. 臺北地區，臺中65號的產量因子結構

**Table 2.** Factor pattern of rice yield for Taichung 65 in Taipei region

| 時期 Stage | 項目 Item | 一期作 1st crop 因子 factor 1 | 2 | 3 | 二期作 2nd crop 因子 factor 1 | 2 | 3 | 期作差異 Inter-crop difference 因子 factor 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 生育日數 Days of growig | | .82 | | .80 | | | .64 | | |
| | 成熟日數 Days of maturing | | -.61 | | -.73 | | | -.89 | | |
| | 株高 Plant height | .71 | | | | | .76 | | | .58 |
| | 穗數 No. of panicle | .84 | | | .59 | .46 | | | -.53 | |
| | 產量 Yield | .68 | | | .84 | | | .85 | | |
| 抽穗前45天 45 days before heading | 氣溫 Air temperature | .54 | | | -.49 | .67 | | | -.41 | .67 |
| | 日照 Sunshine hours | | -.80 | | | .52 | -.61 | | -.85 | |
| 抽穗後30天 30 days after heading | 氣溫 Air temperature | | | .89 | | .84 | | | | .80 |
| | 日照 Sunshine hours | | | .95 | | | -.77 | | .54 | |

1.一期作之第1因子為抽穗前45天之氣溫與株高、穗數及產量之關係，顯示此時期之高溫可使株高和穗數增加因而使產量增加；第2因子為抽穗前45天之日照與生育日數和成熟日數的關係，顯示此時期之日照愈多，雖可縮短生育日數，但反使成熟日數延長；第3因子則為抽穗後30天之氣溫及日照的關係，但此時期之氣溫及日照對5個農藝性狀的變化無甚直接影響。

2.二期作之第1因子很明顯的表示抽穗前45天之氣溫對穗數及產量的影響，顯示此時期之高溫導致穗數及產量的減少，並使生育日數減短和成熟日數增長；第2因子為穗數與氣溫及日照之一般關係，可看出抽穗後30天之高溫可增加穗數；第3因子為日照與株高的關係，亦即短日照可使株高增長。

3.期作間差異之第1因子為農藝性狀之因子，顯示產量之差異主由生育日數之差異而來，並非穗數之差異所致；第2因子為穗數及氣象因子之關係，穗數差異主由抽穗前45天之氣溫及日照差異所引起，但日照之差異較氣溫之差異為顯著；第3因子為株高與氣溫之關係，顯示株高之差異主要由於氣溫之差異所引起，尤以抽穗後30天之氣溫差異為然。

㈡新竹地區一臺中65號（表3）：

表 3. 新竹地區，臺中65號的產量因子結構

**Table** 3. Factor pattern of rice yield for Taichung 65 in Hsinchu region

| 時期 Stage | 項目 Item | 一期作 1st crop 因子 factor 1 | 2 | 3 | 二期作 2nd crop 因子 factor 1 | 2 | 3 | 期作差異 Inter-crop difference 因子 factor 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 生育日數 Days of growig | | -.68 | | .80 | | | | -.80 | |
| | 成熟日數 Days of maturing | | | -.71 | -.61 | .58 | | | .46 | |
| | 株高 Plant height | -.89 | | | | -.81 | | -.83 | | |
| | 穗數 No. of panicle | -.82 | | | | | | -.82 | | |
| | 產量 Yield | -.81 | | | | -.84 | | -.90 | | |
| 抽穗前45天 45 days before heading | 氣溫 Air temperature | | .58 | .41 | -.81 | | | | .50 | -.60 |
| | 日照 Sunshine hours | | .90 | | | | .78 | | | -.89 |
| 抽穗後30天 30 days after heading | 氣溫 Air temperature | | | .44 | -.56 | -.65 | | | .72 | |
| | 日照 Sunshine hours | | | -.76 | | | .77 | | | -.53 |

1.一期作之第1因子主受株高、穗數及產量所影響，顯示氣溫及日照並不直接影響到3個性狀，產量之高低主受株高大小及穗數多少的影響。第2因子爲抽穗前45天之氣溫、日照和生育日數間的關係，此時之高氣溫和多日照會縮短生育日數。第3因子則明顯地表出抽穗後30天之日照與成熟日數的關係，抽穗後30天之日照愈多，成熟所需日數則愈短。

2.二期作之第1因子爲氣溫與生育及成熟日數之關係，抽穗前45天之高溫雖可縮短生育日數，但却使成熟日數延長。第2因子爲抽穗後30天之氣溫與產量、株高及成熟日數之關係，此時之氣溫愈高，不但使成熟日數減少，且使株高和產量增加。第3因子主由日照時數所決定，日照時數雖對農藝性狀無直接影響，但可能影響氣溫因而間接再影響到農藝性狀。

3.期作間差異之第1因子爲農藝性狀之因子，可看出產量之差異主要是由於穗數及株高差異而來，而不在於生育或成熟日數的差異，此現象與此品種在臺北地區的表現不同。第2因子爲氣溫與生育及成熟日數的關係，高溫雖減少生育日數，但却使成熟日數增長。第3因子顯示日照差異對農藝性狀之差異無甚直接影響。

(三)臺中地區

1.臺中65號（表4）：

(1)一期作之第一因子爲抽穗前45天之氣溫及日照與株高及穗數間的關係，此時之高溫多日照可增高植株及增多穗數，因而使產量增加。第2因子爲產量與生育及成熟日數的關係，顯示生育期及成熟期愈長則產量愈高。第3因子爲抽穗後30天之氣溫和日照與產量的關係，此時之高溫多日照雖有增加產量之趨勢，但效果不大明瞭。

(2)二期作之第1因子顯示產量，生育日數及株高間之關係、生育日數及株高的增加可提高產量，而抽穗後30天的多日照反而延長成熟日數。第2因子爲抽穗後30天之氣溫與穗數的關係，此時之氣溫愈高，穗數反而減少。第3因子主由抽穗前45天之氣溫及日照所決定，顯示此時之氣溫和日照與5個農藝性狀無甚直接明顯的關係。由臺中65號在臺中地區的表現看來，一期作時抽穗前45天之氣溫及日照影響產量及農藝性狀；二期作時則爲抽穗後30天之氣溫及日照，情形正好相反。

表 4. 臺中地區，臺中65號和臺南 5 號的產量因子結構

**Table 4.** Factor pattern of rice yield for Taichung 65 and Tainan 5 in Taichung region

| 時期 Stage | 項目 Item | Taichung 65 | | | | | | | | | Tainan 5 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 一期作 1st crop | | | 二期作 2nd crop | | | 期作差異 Inter-crop difference | | | 一期作 1st crop | | | 二期作 2nd crop | | | 期作差異 Inter-crop difference | | |
| | | 因子 factor | | | 因子 factor | | | 因子 factor | | | 因子 factor | | | 因子 factor | | | 因子 factor | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| | 生育日數 Days of growig | | -.87 | | .61 | -.50 | | .87 | | | .58 | | .65 | | .82 | | | -.67 | .66 |
| | 成熟日數 Days of maturing | | -.68 | | -.87 | | | | .70 | | -.91 | | | | | .83 | .54 | | -.80 |
| | 株高 Plant height | .81 | | | .84 | | | .50 | -.72 | .44 | .41 | | | -.72 | | | .80 | | |
| | 穗數 No. of panicle | .88 | | | | .85 | | | | .79 | | .79 | | .66 | | | .63 | | .53 |
| | 產量 Yield | | -.74 | .43 | .91 | | | .86 | | | | .79 | | | .49 | .81 | .73 | -.63 | |
| 抽穗前45天 45 days before heading | 氣溫 Air temperature | .79 | | | | | -.94 | .82 | | | | .72 | -.44 | | -.72 | | | .77 | |
| | 日照 Sunshine hours | .61 | | | | | -.81 | | .56 | .44 | | | -.96 | .55 | | -.60 | | .80 | |
| 抽穗後30天 30 days after heading | 氣溫 Air temperature | | | .66 | | -.64 | | .72 | | | .74 | .61 | | -.58 | -.43 | | | | .61 |
| | 日照 Sunshine hours | | | .91 | -.65 | | | | | -.75 | .95 | | | .71 | .45 | | .87 | | |

（３）期作間差異之第１因子主爲氣溫與生育日數，株高及產量之關係，二期作間氣溫之差異爲影響生育日數、株高及產量差異之最大原因。第２因子爲抽穗前45天之日照與成熟日數及株高之關係，此時之日照差異愈大，則成熟日數之差異亦愈大，但株高之差異則愈小。第３因子爲抽穗後30天之日照與穗數的關係，此時之日照差異愈大，穗數之差異反而愈小。

2.臺南５號（表４）：

（１）一期作之第１因子爲抽穗後30天之氣溫及日照與成熟日數的關係，此時之高溫多日照可縮短成熟日數。第２因子爲氣溫與穗數及產量的關係，可能是高溫增加穗數因而使產量增加。第３因子爲抽穗前45天之日照與生育日數的關係，此時之多日照可縮短生育日數。

（２）二期作之第１因子顯示日照與穗數及株高與溫度之關係，多日照可使穗數增加，而抽穗後30天之高溫促使植株增高。第２因子主爲抽穗前45天之氣溫及生育日數之關係，此時之高溫可縮短生育日數。第３因子爲抽穗前45天之日照與成熟日數及產量之關係，可能是此時期之短日照縮短生育日數而延長了成熟日數因而使產量增加。

（３）期作間差異之第１因子明顯地表示抽穗後30天日照差異影響成熟日數、株高、穗數及產量之差異。第２因子爲抽穗前45天之氣溫及日照生育日數的關係，此時之氣溫及日照差異影響到生育日數的差異，當然影響到產量的差異。第３因子主爲抽穗後30天的氣溫與成熟日數的關係，此時之氣溫差異愈大，成熟日數之差異愈小。

（四）屛東地區：

1.高雄27號（表５）

（１）一期作之第１因子顯示生育日數長及抽穗後30天之多日照可提高穗數及產量。第２因子爲抽穗前45天之日照與穗數的關係，此時之多日照反而使穗數減少。第３因子顯示氣象因子與農藝性狀及產量間無直接關係，即高雄27號在屛東地區之第一期作，日照對其農藝性狀及產量的影響較氣溫爲大且直接。

（２）二期作之第１因子爲抽穗前45天之日照與生育及成熟日數的關係，此時之多日照雖可縮短生育日數，但却延長成熟日數。第２因子爲抽穗前45天之氣溫與抽穗後30天之日照與穗數的關係，顯示生育初期的高溫與生育後期的多日照可使穗數增加，尤以生育後期之多日照效果更顯著。第３因子爲抽穗後30天之氣溫與株高及產量的關係，此時之氣溫高不但使株高增加，同時可提高產量。

（３）期作間差異之第１因子主要爲抽穗後30天之氣溫及日照與穗數及產量之關係，此時之氣象差異愈大，穗數及產量之差異愈大，可能是氣象差異首先影響到成熟日數之差異，再影響到穗數及產量的差異。第２因子爲抽穗前45天之日照與生育日數之關係，此時之日照差異愈小，生育日數之差異反而愈大。第３因子爲抽穗前45天之氣溫與株高之關係，顯示一、二期作株高之差異主要受生育初期氣溫差異的影響。

2.臺南５號（表５）

（１）一期作之第１因子主要爲抽穗前45天之氣溫及日照與株高、穗數和產量的關係，此時期之高溫及多日照不論對株高、穗數或產量皆有正的效果，可能是高溫及多日照使植株生長良好，穗數增多，因而產量增加。第２因子主要爲氣溫與生育及成熟日數的關係，顯示生長初期之高溫雖縮短生育日數，但生長後期之高溫却反而延長成熟日數。第３因子主要爲抽穗後30天之日照與株高的關係，此時之多日照促使株高增加。

（２）二期作之第１因子主要爲生育日數與成熟日數的關係，顯示生育日數的縮減要以成熟日數的延長作代價。第２因子爲氣象因子間的關係。第３因子雖表示抽穗前45天之高氣溫及多日照對穗數及產量有增加的效果，但影響並不明顯。第２期作臺南５號在屛東地區之因子結構顯示氣象因子對農藝性狀之影響並不明顯，此或許是因這套資料年數較少，結論有待進一步之證實。

（３）期作間差異之第１因子爲抽穗前45天之氣溫、日照及抽穗後30天之氣溫與株高及穗數的關係，這些氣象差異愈大，株高及穗數之差異亦愈大。第２因子明顯地表示抽穗後30天之日照差異爲影響產量差異之最大因素。第３因子表示二期作間生育日數之差異愈大，成熟日數之差異愈小，進而使產量差異亦愈大。

3.嘉農242號（表５）

（１）一期作之第１因子主爲日照與成熟日數

表 5. 屏東地區，高雄27號、臺南5號和嘉農242號之產量因子結構

Table 5. Factor pattern of rice yield for Kaohsiung 27, Tainan 5, and Chianung 242 in Pingtung region

| 時期 Stage | 項目 Item | Kaohsiung 27 | | | | | | | | | Tainan 5 | | | | | | | | | Chianung 242 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 一期作 1st crop 因子 factor | | | 二期作 2nd crop 因子 factor | | | 期作差異 Inter-crop difference 因子 factor | | | 一期作 1st crop 因子 factor | | | 二期作 2nd crop 因子 factor | | | 期作差異 Inter-crop difference 因子 factor | | | 一期作 1st crop 因子 factor | | | 二期作 2nd crop 因子 factor | | | 期作差異 Inter-crop difference 因子 factor | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| | 生育日數 Days of growig | .88 | | | .83 | | | | -.60 | | | .83 | | .92 | | | | | -.95 | | .75 | | .84 | | | .52 | -.52 | |
| | 成熟日數 Days of maturing | | .71 | | -.87 | | | .69 | | | | -.84 | | -.85 | | | -.42 | | .52 | .80 | | | -.57 | .70 | | | .81 | |
| | 株高 Plant height | .63 | | | | .52 | .77 | | | .90 | -.68 | | .58 | .79 | | | .91 | | | | .80 | | | .52 | .67 | .75 | | |
| | 穗數 No. of panicle | .63 | -.63 | | | -.80 | | .67 | | | -.84 | | | .41 | | -.79 | .78 | | | .63 | | -.66 | | | .86 | .81 | | |
| | 產量 Yield | .80 | | | | | .81 | .73 | | | -.77 | | | | | -.92 | | .76 | -.58 | .42 | .77 | | -.75 | | | .83 | | |
| 抽穗前45天 45 days before heading | 氣溫 Air temperature | | | .91 | | -.67 | | | | .66 | -.77 | -.55 | | | -.81 | -.44 | .83 | .41 | | | | .87 | | -.53 | .69 | | | -.80 |
| | 日照 Sunshine hours | | .87 | | .70 | | | | .92 | | -.80 | | | | .85 | -.42 | .73 | .53 | | .62 | | | | -.75 | | | | -.84 |
| 抽穗後30天 30 days after heading | 氣溫 Air temperature | .57 | | .71 | | | .64 | .75 | | | -.57 | -.58 | .45 | | -.68 | | .91 | | | | | .70 | -.50 | | | | .51 | |
| | 日照 Sunshine hours | .86 | | | | -.72 | | .88 | | -.41 | | | .94 | | .54 | | | .89 | | .76 | | | -.54 | -.62 | | .49 | .79 | |

及穗數間之關係，顯示多日照有促進分蘗進而增加穗數之效果，同時抽穗後30天之多日照亦可延長成熟日數。第2因子說明生育日數與株高及產量的關係，生育日數愈長，株高增加，產量亦增加。第3因子為氣溫及穗數的關係，不論是抽穗前45天或抽穗後30天的高氣溫對穗數均有不利的影響。

（2）二期作之第1因子顯示抽穗後30天之高氣溫及多日照有使產量增加的趨勢，惟效果並不明顯，另外短生育日數所伴隨而來的長成熟日數亦有提高產量的作用。第2因子主要在說明日照與成熟日數及株高的關係，日照少，株高反而增高；另外抽穗後30天的日照愈少，成熟所需日數愈長。第3因子為氣溫和株高及穗數的關係，抽穗前45天的高溫有使株高增高及穗數增加的作用。

（3）期作間差異之第1因子指出二期作間產量主要是由於生育日數、株高及穗數之差異而來，其中尤以穗數差異最為重要。第2因子說明抽穗後30天之日照差異是造成成熟日數差異之主因，此時之日照差異愈大，成熟日數之差異亦愈大。第3因子顯示抽穗前45天的氣溫及日照差異對5個農藝性狀之差異無多大直接關係。

（五）花蓮地區—嘉南8號（表6）：

表 6. 花蓮地區，嘉南8號的產量因子結構

**Table 6.** Factor pattern of rice yield for Chianan 8 in Hualien region

| 時期 Stage | 項目 Item | 一期作 1st crop 因子 factor 1 | 2 | 3 | 二期作 2nd crop 因子 factor 1 | 2 | 3 | 期作差異 Inter-crop difference 因子 factor 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 生育日數 Days of growig | | -.65 | .53 | .76 | | | | | .79 |
| | 成熟日數 Days of maturing | | | -.85 | -.48 | -.62 | | | | -.49 |
| | 株高 Plant height | | .68 | | | -.73 | .55 | | ·78 | |
| | 穗數 No. of panicle | | .86 | | | -.86 | | | .78 | -.48 |
| | 產量 Yield | -.45 | .75 | | | -.73 | .46 | | .85 | |
| 抽穗前45天 45 days before heading | 氣溫 Air temperature | -.86 | | | -.67 | | .61 | .90 | | |
| | 日照 Sunshine hours | -.74 | | | -.74 | | | .67 | | |
| 抽穗後30天 30 days after heading | 氣溫 Air temperature | -.82 | | | -.63 | | .64 | .95 | | |
| | 日照 Sunshine hours | -.73 | | | | | .90 | .70 | .48 | |

1.一期作之第1因子指出抽穗前45天及抽穗後30天的氣溫及日照雖與產量有關係，但效果不大明顯，其原因可能是氣象因子先影響到其他農藝性狀，再由其他農藝性狀影響到產量。第2因子顯示產量與生育日數、株高及穗數的關係，短生育日數所引起的長成熟日數及高植株，多穗數，因而促使產量增加。第3因子可用來支持對第2因子的解釋，即生育日數的縮短會使成熟日數延長。

2.二期作之第1因子為氣象因子與生育及成熟日數的關係，抽穗前45天的高溫及多日照明顯地可縮短生育日數；而抽穗後30天的高溫反而延長成熟日數，但效果並不明顯。第2因子說明產量與成熟日數、株高及穗數的關係，可看出成熟日數的延長，植株的增高及穗數的增多有提高產量的作用，尤以穗數與產量的關係最大。第3因子顯示氣溫及抽穗後30天的日照與株高及產量的關係，高氣溫及成熟期的多日照可使植株增高並提高產量，惟氣溫與日照對產量提高的效果是間接的，此由第2因子之

結構可看出。

3.期作間差異的因子結構顯示二期作間氣象因子的差異並不直接影響到5個農藝性狀的差異，雖然抽穗後30天的日照差異可用來解釋株高、穗數及產量的差異，但解釋能力不大。由因子結構中可看出產量的差異主要是由株高及穗數之差異而來；而穗數之差異又與生育及成熟日數之差異有關，若生育日數之差異愈大，成熟日數差異愈小，則穗數之差異亦愈小。

(六)臺東地區—嘉南8號（表7）

**表 7.** 臺東地區，嘉南8號的產量因子結構

**Table 7.** Factor pattern or rice yield for Chianan 8 in Taitung region

| 時期 Stage | 項目 Item | 一期作 1st crop 因子 factor 1 | 2 | 3 | 二期作 2nd crop 因子 factor 1 | 2 | 3 | 期作差異 Inter-crop difference 因子 factor 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 生育日數 Days of growig | | | .81 | .78 | | | -52 | | |
| | 成熟日數 Days of maturing | -.50 | | -.50 | -.84 | | | | -.72 | |
| | 株高 Plant height | | .47 | | | -.88 | | | .50 | .66 |
| | 穗數 No. of panicle | | | .69 | | | -.79 | | | .48 |
| | 產量 Yield | | .43 | | | -.90 | | | | .86 |
| 抽穗前45天 45 days before heading | 氣溫 Air temperature | | .78 | | -.52 | .49 | -.51 | | -.68 | |
| | 日照 Sunshine hours | | .80 | | -.73 | | | | -.71 | |
| 抽穗後30天 30 days after heading | 氣溫 Air temperature | .89 | | | | | -.72 | -.83 | | |
| | 日照 Sunshine hours | .89 | | | | | -.54 | -.92 | | |

1.一期作之第1因子說明抽穗後30天之氣溫和日照與成熟日數的關係，此時之高溫及多日照縮短成熟日數。第2因子顯示抽穗前45天之氣溫及日照與株高和產量的關係，此時之高溫及多日照有增加株高及產量的作用，惟效果並不十分明顯。第3因子表明穗數與生育和成熟日數的關係，較長之生育日數（或短成熟日數）會使穗數增加。

2.二期作之第1因子爲抽穗前45天之氣溫及日照與生育日數之關係，此時之高溫及多日照雖有縮短生育日數之作用，但却以增加成熟日數爲代價。第2因子爲抽穗前45天之氣溫、株高及產量的關係，抽穗前45天在高溫環境下不利於株高及產量。第3因子主要爲抽穗後30天之氣溫與穗數的關係，抽穗後30天之高溫對穗數有利，自然使產量提高。

3.期作間差異的第1因子應解釋爲二期作間抽穗後30天之氣溫及日照差異直接影響到成熟日數的差異，再間接影響到生育日數的差異。第2因子與第1因子類似，亦應解釋爲抽穗前45天之氣溫及日照差異直接影響到生育日數的差異，再間接影響成熟日數的差異。第3因子明顯地表示產量之差異主由株高及穗數差異而來，可能是氣象差異影響到株高穗數的差異，再影響到產量的差異。

(七)羅東地區

1.臺中65號（表8）

(1)一期作之第1因子顯示抽穗後30天氣溫及日照與成熟日數及產量的關係，此時之高溫及多日照反而延長成熟日數，並使產量增加。第2因子指出生育日數及穗數的增多非但無法使產量增加，反而減少產量，此時產量之增加要靠較長的成熟日數，而非生育日數。第3因子可看出抽穗前45天之氣溫

表 8. 羅東地區，臺中65號和臺南 5 號之產量因子結構

**Table 8.** Factor pattern of rice yield for Taichung 65 and Tainan 5 in Lotung region

| 時 期 Stage | 項 目 Item | Taoyung 65 | | | | | | | | | Tainan 5 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 一期作 1st crop 因子 factor | | | 二期作 2nd crop 因子 factor | | | 期作差異 Inter-crop difference 因子 factor | | | 一期作 1st crop 因子 factor | | | 二期作 2nd crop 因子 factor | | | 期作差異 Inter-crop difference 因子 factor | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| | 生育日數 Days of growig | | .85 | | .59 | -.46 | .44 | -.76 | | | | | -.42 | | -.87 | | | | -.82 |
| | 成熟日數 Days of maturing | -.79 | | | | .87 | | .84 | | | -.75 | | .43 | | .46 | .64 | | -.86 | |
| | 株高 Plant height | | -.68 | | .69 | | | -.66 | | | | | -.74 | -.88 | | | | .81 | |
| | 穗數 No. of panicle | | .85 | | | | -.97 | | -.49 | -.75 | | | .77 | -.83 | | | | | .76 |
| | 產量 Yield | -.48 | -.55 | -.41 | .55 | -.63 | | | | | | -.84 | | -.77 | | | -.72 | | .55 |
| 抽穗前45天 45 days before heading | 氣溫 Air temperature | | | .93 | -.80 | | | | .81 | | | -.92 | | | .90 | | -.51 | -.74 | |
| | 日照 Sunshine hours | | | .87 | -.72 | | | | .93 | | -.57 | -.61 | | -.41 | | .60 | | -.58 | .68 |
| 抽穗30前天 30 days after heading | 氣溫 Air temperature | -.86 | | | -.90 | | | .61 | | | .79 | -.43 | | | .54 | -.71 | -.93 | | |
| | 日照 Sunshine hours | -.85 | | | -.45 | -.64 | | | | -.85 | .86 | | | | | -.74 | -.88 | | |

和日照與產量的關係並不十分明顯。

(2)二期作之第1因子代表氣象因子與生育日數、株高及產量的一般關係，二期作全生育期的高溫及多日照雖可縮短生育日數，但株高及產量亦隨著降低。第2因子顯示抽穗後30天之多日照對縮短成熟日數及提高生產量的效應。第3因子可看出生育日數與穗數之間的關係，顯示生育日數的增長可使穗數減少，但其關係並不十分明顯。

(3)期作間差異的第1因子表示抽穗後30天之氣溫差異爲成熟日數差異的主因，且此時氣溫之差異愈大，株高之差異反而愈小。第2因子明顯表出抽穗前45天之氣溫及日照差異是造成穗數差異的主因，此時期之氣溫及日照差異愈大，穗數之差異反而愈小。第3因子爲抽穗後30天之日照差異對穗數的影響，此時之日照差異愈大，穗數之差異亦愈大，且關係十分明顯。

2.臺南5號（表8）

(1)一期作之第1因子爲抽穗後30天之氣溫及日照與成熟日數之關係，與其他地區，其他品種之表現類似，此時之高溫與多日照可縮短生育日數。第2因子爲抽穗前45天之氣溫及日照與產量的關係，此時之氣溫及日照對產量有絕對的影響，高溫及多日照可使產量提高。第3因子爲株高與穗數的關係，株高愈矮，穗數愈多。

(2)二期作之第1因子主要說明產量、穗數及株高的關係，亦即產量的高低與株高的大小及穗數的多寡有密切的關係。第2因子顯示抽穗前45天的高溫雖使生育日數縮短，但此效果却延長了成熟日數。第3因子爲抽穗後30天之氣溫及日照成熟日數的關係，此時的高溫及多日照縮短成熟所需日數。

(3)期作間差異之第1因子明顯指出二期作間產量的差異主要是由於抽穗後30天之氣溫及日照所決定，此時期之氣溫差異愈大，日照差異愈多，產量之差異亦愈大。第2因子指出抽穗前45天之氣溫及日照差異愈大，生育日數之差異雖愈小，但反使成熟日數之差異增大，同時株高之差異亦變小。第3因子可用來補充說明第2因子，即抽穗前45天之日照差異愈大，生育日數之差異愈小，但穗數及產量之差異却愈大，穗數差異與日照差異之關係尤其明顯。

由以上結果觀之，不同地區或不同品種，不論是一期作、二期作或期作間之差異，其因子結構都不盡相同，可知氣象因子對農藝性狀的影響方式及程度因地區或品種之不同而異，此非但是由於品種本身遺傳因子的差異，尙有遺傳及環境的交感作用（genetic-environment interaction）的存在。在本研究中，臺北、新竹、臺中及羅東4地的氣象因子對臺中65號的影響程度及方式即大不相同；同樣地，臺中、屏東、羅東3地的氣象因子對臺南5號的影響方式及程度也互異，反過來說，相同地區的不同品種如臺中地區的臺中65號和臺南5號及屏東地區的高雄27號、臺南5號和嘉農 242號等所受到的氣象影響也不同。雖然氣象因子的差異祇是環境差異的一部分，但如前所述，氣象因子的差異可影響到植物生理、土壤因子及病蟲等方面，所以可視爲造成環境差異最重要的因素。品種在遺傳上的不同，再加上相當程度的遺傳與環境交感作用，使得氣象因子對水稻農藝性狀的影響方式及程度亦因地區、品種及期作之不同而互異，很難（甚或不可能）尋出一個通則。因此要談到農業氣象對水稻產量及農藝性狀的影響必須針對某一地區、某一品種之某一期作而言才有實際意義，此即何以一般當地慣用品種（local variety）通常皆有甚高及較穩定產量的原因，因當地品種即是由於較能够適應當地氣候環境而得以被長期保留的緣故。

## 二、農藝性狀及氣象因子之正典相關分析

農藝性狀及氣象因子的相關性可由正典相關係數（canonical correlation coefficient）看出，正典相關爲兩"組"變數間相關程度的一個指標。（Press, 1972）不同地區、不同品種、不同期作及期作間差異之5個農藝性狀和4個氣象因子的正典相關係數列表於九。表九中之所有正典相關係數皆甚高，顯示氣象因子確實影響到農藝性狀的表現，雖然其影響之方式及程度因地區、品種及期作而有所不同。以地區而言表（9），臺中及嗤東地區氣象因子與農藝性狀之相關性最高，其次爲羅東地區，而臺北、新竹、花蓮及臺東地區的相關性則較小。以品種而言（表9，臺）南5號（0.98）與氣象因子的相關性最高，亦即其對氣象變化的反應較敏感，高雄27號（0.97）及嘉農 242號（0.93）之相關性次之，而臺中65號（0.83）及嘉南8號（0.75）則較小。以期作而言（表9），二期作時氣象

因子與農藝性狀之相關性較一期作爲高，此與吾人認爲一、二期作產量差異主要是由氣象因子之差異而引起的假設相符合。雖然由因子分析的結果可看出氣象因子對農藝性狀影響的方式及程度因地點、品種及期作而有所不同，但氣象因子與農藝性狀的相關性不論對地區或對品種而言皆相當穩定，如臺南 5 號不論在臺中、屏東或羅東，其農藝性狀與氣象因子之相關性皆甚高；再如臺中地區的臺中65號、臺南 5 號及高雄27號或羅東地區的臺南 5 號及嘉農 242號，其農藝性狀與氣象因子的相關性亦甚高。一、二期作產量差異雖有很多原因，但究其根本，生長環境的不同應是造成此種差異的主因，而氣象因子的不同又是造成一、二期作生長環境差異的來源。表九中各地區、各品種在一、二期作下農藝性狀與氣象因子的高相關性爲此種論點的另一證據。

**表 9.** 氣象因子與農藝性狀之正典相關係數

**Table 9.** Canonical correlation coefficient between climatic factors and agronomic characters

| 地區 Region | 品種 Variety | 一期作 1st crop | 二期作 2nd crop | 期作差異 Inter-crop difference | 平均 Average |
|---|---|---|---|---|---|
| 臺北 Taipei | 臺中65號 Taichung 65 | .69 | .72 | .76 | .72 |
| 新竹 Hsinchu | 臺中65號 Taichung 65 | .86 | .82 | .78 | .82 |
| 臺中 Taichung | 臺中65號 Taichung 65 | .78 | .97 | .98 | .91 |
| 臺中 Taichung | 臺南5號 Tainan 5 | .98 | .95 | .99 | .97 |
| 屏東 Pingtung | 高雄27號 Kaohsiung 27 | .96 | .97 | .98 | .97 |
| 屏東 Pingtung | 臺南5號 Tainan 5 | .98 | .93 | .99 | .97 |
| 屏東 Pingtung | 嘉農242號 Chianung 242 | .89 | .91 | .98 | .93 |
| 花蓮 Hualien | 嘉南8號 Chianan 8 | .69 | .86 | .89 | .81 |
| 臺東 Taitung | 嘉南8號 Chianan 8 | .64 | .80 | .63 | .69 |
| 羅東 Lotung | 臺中65號 Taichung 65 | .86 | .96 | .84 | .87 |
| 羅東 Lotung | 臺南5號 Tainan 5 | .98 | .96 | .99 | .98 |
| 平均 Average | | .85 | .90 | .89 | |

## 結 論

氣象因子與水稻產量的關係十分複雜，因水稻產量是由其他農藝性狀所決定，亦可說產量是水稻整個生長過程的最後產物，而氣象因子在水稻某一生長過程中的變化對水稻最後產物所造成的影響不易立即衡量決定，尙須視在其他生長過程中氣象因子的變化對水稻生長的影響，生長過程某一階段由氣象因子所引起的不利影響也許在其他階段反可由氣象因子的作用來獲得補償（Tanaka, 1976），而品種與環境交感作用的存在更增加此種複雜性。在諸如人工氣候室（phytotron）中嚴密控制環境所得到的氣象因子（如氣溫、日照等）與產量及農藝性狀之關係尙不足以代表在田間的眞正關係，科學再發達，研究者在實驗室中所能控制的複雜的環境畢竟與實際田間狀況尙有距離。臺灣的一、二期稻作事實上在互不相同的環境下生長，所有努力不論是在栽培上或在育種上也都在求如何儘可能的利用這些環境；施肥可以增加土壤養分，灌溉可以補救降水的不足，其他可資利用的天然資源尙有氣溫及

日照，如能善加利用水稻在不同生長過程中與氣溫及日照的關係，並從中得利，則不僅二期作有增產的可能，一期作也有再增產的希望。

## 引用文獻


1. 黃貞生・1976・臺灣水稻第二期作低產之原因。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集： 28-36・行政院國科會研討會專集（二）行政院國科會，臺北。
2. 鄔宏潘等・1975・第二期稻作低產原因之探討，科學發展月刊3(10)：5-39。
3. 謝順景、劉大江・1979・臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。行政院國科會研討會專集（二），行政院國科會，臺北。
4. Harman, H. H. 1967. Modern Factor Analysis. 2nd Ed., University of Chicago Press. Chicago.
5. Press, S. J. 1972. Applied Multivarate Analysis. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York.
6. Tanaka, A. 1976. Comparisons of rice growth in different environments. Proceedings of the sympo-sium on Climate and Rice.：429-448. IRRI, Lor Banos, Philippines.

# Influence of Climate on the Yield and Agronomic Characters of the First and Second Crop Rices in Taiwan*

C. Liu, S. C. Hsieh** and M. H. Lin

*Department of Agronomy*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Wufeng, Taichung, Taiwan 431*
*Republic of China*

## Summary

A total of 22 sets of data including 7regions and 5varieties from long-term regional trials were used to study the influence of climatic factors on the agronomic charac ters of rice. Climatic factors considered were the mean air temperature and the mean sun-shine hours 45 days before and 30 days after heading respectively. Agronomic char acters studied were the days of growing (days from transplanting to heading). days of matur-ing (days from heading to maturin), plant height, number of panicles and the yield.

Results from factor analysis revealed that the pattern and the magitude of the climatic influence on the agrono mic characters (1st crop, 2nd crop or inter-crop difference ) differ quite a lot from region to region and from variety to variety. The different response to climatic change due to the genetic mechanism of the varieties themselves is not the only cause attributed to thus phenomenon, there are also exidences indicating the existence of the genetic-environment interaction.

Results from canonical correlation analysis showed that Taichung and Pintong have the highest association between the 4 climatic factors and 5 agrono mic characters. As for the variety, Tainan 5 is the most prominent one.

Utilization of temperature and solar rediation to improve the rice yield is suggested and briefly discussed.

---

*Supported by a grant 1980-5.1-080 (2—14 from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

**Present address : Taichung District Agriculural Improvement Station, Changhua, Taiwan, R. O. C.

# 氣溫與日照強度對水稻光合成物質之轉運與分配的影響*

林 安 秋

國立臺灣大學農學院農藝學系

## 摘 要

本研究旨在究明氣溫與日照強度對水稻光合成物質之轉運與分配之影響，供爲探討本省第二期稻作結實不良之原因爲目的。結果摘要如下：

1. 水稻於抽穗期行 $^{14}C$光合作用後，隨即移至人工控制氣候室內培育，在自然光照條件下1日後的結果，葉部之 $^{14}C$ 放射活性百分比以高溫區（晝一夜溫，30°～25°C）爲最低，中溫區（25°～20°C）次之，低溫區（20°～15°C）爲最高，二供試品種之結果一致。又遮光60%處理結果，仍以高溫區爲最低，但中、低溫區，則二供試品種之結果不一，臺南五號品種以低溫區爲最高，但臺中在來一號品種則以中溫區爲最高。由此可見，葉部之 $^{14}C$ 光合成物質在高溫下，易轉運而出。

2. 自然光照下，二供試品種1日後的結果顯示，高溫區約50%之$^{14}C$光合成物質已自葉部轉運至稻稈中，但中溫區僅爲20%左右，低溫區則爲10%以下，而後隨時間之延長，中、低溫區由葉部轉運至稻稈中之量亦增，然而，10日後仍較高溫區爲低。由此可見，$^{14}C$ 光合成物質由葉部轉運至稻稈中之速度以高溫區最速，中溫區次之，低溫區爲最慢。又轉運量之趨勢亦然。

3. 水稻成熟後穗部之$^{14}C$光合成物質蓄積量，在自然光照下的結果，以中溫區爲最高，高溫區次之，低溫區爲最低。又遮光處理結果，以高溫區爲最多，中溫區次之，低溫區爲最少，二供試品種之結果一致。

4. 水稻收割後，各葉位之$^{14}C$光合成物質蓄積量，並無一定傾向，大體上，以上位葉之分配較下位葉爲高。

5. 綜上結果，高溫條件下，$^{14}C$光合成物質之轉運速度快，轉移量多，收穫期之葉部積蓄量較少，故穀粒中之蓄積量亦較多。但低溫條件下的結果，則正與此相反。可見，中溫以上條件對轉運與穀粒充實有利。而日照強度對轉運與分配之影響效果之傾向不一致。終究對水稻光合成物質之轉運與分配之影響，氣溫似較日照強度爲大。

## 前 言

穀類作物之收穫物，無疑爲光合成之蓄積物質。根據戶苅（1954）之報告，水稻穀粒之內容物，七成來自抽穗後之光合成物質，其餘三成則爲抽穗前之光合成蓄積物質於抽穗後轉運至穀粒中者。Cock 等（1972）亦有相同之見解。由此可見，抽穗後之光合成物質蓄積對稻穀充實之影響至鉅。

本省第二期稻作之低產，根據許多報告，認爲穀粒之結實不良爲其主要原因之一。而穀粒之結實與光合成物質之量及轉運關係密切。由近幾年來之試驗結果得知，第二期稻作抽穗後之光合成量較第一期作爲低（林等，1979）。又其光合成物質轉運至穀粒中者，第二期作亦較差（林等，1979）。前者乃因第二期稻作生長前期之氣溫過高，直接間接影響光合成系統（Photosynthetic System）之衰

*行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產—080（2—7）。

敗較早，導致光合作用能力低減，再由於生長後期之低日照與低氣溫，導致光合成物質之生產量低。至於後者，迄今尙未見報告。衆所周知，光合成物質在稻體內之轉運，受內外在因子所控制，而同一塊田地頁好肥培管理下，兩期水稻光合成物質之轉運亦異，析出各影響因子後，得知兩期稻作間，似以氣溫與日照之差異最大，是否因而導致轉運之差異？問題尙未見試驗報告。有鑑於此，本研究乃進行不同氣溫與遮光處理，以探討與氣溫與日照强度對 $^{14}C$ 光合成物質之轉運與分配之影響，供爲究明第二期稻作穀粒結實不良原因之參考。

## 材料及方法

### (一) 試驗材料之培育

本試驗之水稻品種，秈稻以臺中在來一號，稉稻以臺南五號二品種供試。民國六十九年三月一日將水稻秧苗移植於盛土之塑膠盆（長32公分，寬31公分，高13公分），單本植，每一盆種植12株，各品種種植6盆，於第一期作之露天栽培期間，各株水稻除留母莖外，其餘分蘗莖全部剪除。

### (二) 試驗處理項目

1.放射性同位素（$^{14}CO_2$）之追踪試驗方法

秈稻於六月六日（抽穗前11日），稉稻於六月十八日（抽穗前 8 日）分別進行放射性同位素（$^{14}CO_2$）之光合作用標識處理。預先將6盆水稻移入塑膠布圍成之同化室內，密閉後添加10%$HClO_4$ 於 $Ba^{14}CO_3$（2mCi）中，使其產生 $^{14}CO_2$ 氣體，在晴朗天氣下，進行光合作用1.5小時，回收30分鐘後，打開同化室，將水稻移入人工控制氣候室，在不同溫度與日照强度下培育材料。

2.處理條件

經過同位素標識處理之水稻，即刻移入以下各條件培育，每一處理移進一盆水稻。

(1) 30°～25°C（晝一夜溫），自然光(一期稻作期間之自然光照)。

(2) 30°～25°C，60%遮光。

(3) 25°～20°C，自然光。

(4) 25°～20°C，60%遮光。

(5) 20°～15°C，自然光。

(6) 20°～15°C，60%遮光。

3.處理期間之日照强度調查結果

試驗處理期間之日照强度，乃依中央氣象局之調查資料結果示如圖一。

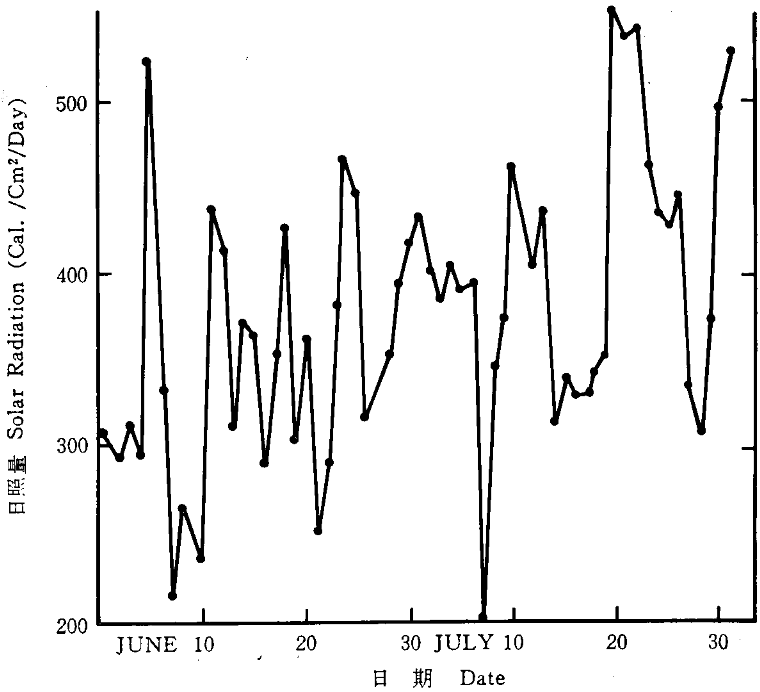



圖1. 試驗期間之日照强度變化情形

Fig. 1. The trends of solar radiation during the period of experiment.

4.採樣與材料調製法

於水稻移入人工控制氣候室處理後，1，5，10，20日，各採1株水稻，收穫期採3株供爲分析用，秈稻之收穫期於處理後42日，但低溫區（20°～15°）則延至47日收割。稉稻於處理後41日，全部一次收割。採取之稻株樣品經烘乾供爲材料調製。土耕栽培之水稻因不易採得全部根部，故根部不計，而僅以地上部供爲分析用。

試驗材料經烘乾後，將葉、莖及穗分別秤量、磨碎，再烘乾後秤取20毫克，由 Van Slyke Folch 法濕式分解，所產生之 $^{14}CO_2$ 經 0.25N NaOH 吸收後，抽取 2ml 添加 Scintillator，由 Liquid Scintillation Counter (Beckman LS-230) 測定其放射活性，並計算各部所佔百分比。

## 結　果

### (一) 葉部 $^{14}C$ 光合成物質之轉運與分配情形

臺南五號品種經 $^{14}C$ 光合作用標識處理後，移至各種不同溫度與日照處理1天的結果（表一，圖二 (a)）得知，自然光照條件下（晝一夜溫度），30°～25°C 區（簡稱高溫區）之 $^{14}C$ 光合成物質在葉中佔 51.8%，25°～20°C區（簡稱中溫區）佔 88.6%，20°～15°C 區（簡稱低溫區）爲最高，佔 96.0%；而60%遮光條件下，高溫區79.0%爲最低，低溫區爲99.3%最高，中溫區94.2%居中，由此可見，無論自然光照或遮光60%區，葉部之 $^{14}C$ 光合成物質佔全株之百分比，則以低溫區爲最高，高溫區爲最少。

經10天後的結果（表一，圖二）得知：自然光照條件下，高、中、低溫區依序各佔50.2%，76.9%，72.8%，以高溫區爲最低，中、低溫區無大差異。遮光區依序爲68.6%，66.7%，74.3%，以中溫區爲最低，高溫區次之，低溫區爲最高。由本結果可見，自然光照條件下，高溫區由第1天之51.8%降至第10天之 50.2%，僅相差 1.6%而已，而中溫區由88.6%減至66.7%，相差22.1%，低溫區由96%降至72.8%，減少23%，由此可見，低溫區之轉運較慢，大部分的 $^{14}C$ 光合成物質在第1～10天內才由葉部轉運出去。

收穫期之 $^{14}C$ 光合成物質在葉中之分配情形觀

**表1.** 不同氣溫與日照强度處理對水稻體中各部位之 $^{14}C$ 光合成物質分佈之影響（臺南五號）

**Table 1.** The distribution (%) of $^{14}C$-photosynthates in each organ of rice after various temperature and light intensity treatments. (Var. TainanNo. 5)

| Temperature | Organs | Date of Sampling | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 day | | 10 days | | 20 days | | harvest | |
| | | N | S | N | S | N | S | N | S |
| High 30—25°C | Leaf | 51.8 | 79.0 | 50.2 | 68.6 | 77.4 | 71.7 | 69.0 | 55.2 |
| | Culm | 48.2 | 21.0 | 42.3 | 16.9 | 13.9 | 26.2 | 22.7 | 31.3 |
| | Panicle | — | — | 7.5 | 14.5 | 8.7 | 2.1 | 8.3 | 13.5 |
| Medium 25—20°C | Leaf | 88.6 | 94.2 | 76.9 | 66.7 | 64.2 | 66.5 | 54.0 | 56.6 |
| | Culm | 11.4 | 5.9 | 15.4 | 28.9 | 24.3 | 27.4 | 33.1 | 32.1 |
| | Panicle | — | — | 7.7 | 4.4 | 11.5 | 6.1 | 11.6 | 11.3 |
| Low 20—15°C | Leaf | 96.0 | 99.3 | 72.8 | 74.3 | 86.2 | 99.0 | 79.4 | 63.9 |
| | Culm | 4.0 | 0.7 | 10.9 | 22.4 | 13.8 | 1.0 | 19.9 | 32.3 |
| | Panicle | — | — | 16.3 | 3.3 | — | — | 0.7 | 3.8 |

N：自然光照 (Natural hight)。
S：遮光60% (Shading 60%)。

表 2. 不同氣溫與日照強度處理對水稻體中各部位之 $^{14}C$ 光合成物質分佈之影響（臺中在一號）

**Table 2.** The distribution (%) of $^{14}C$-photosynthates in each organ of rice after various temperature and light intensity treatments. (Var. Taichung Native No. 1)

| Temperature | Organs | Date of Sampling | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 day | | 10 days | | 20 days | | harvest | |
| | | N | S | N | S | N | S | N | S |
| High 30—25°C | Leaf | 56.8 | 61.3 | 38.2 | 58.6 | 52.5 | 41.4 | 64.2 | 62.7 |
| | Culm | 43.2 | 38.7 | 48.8 | 26.1 | 20.3 | 37.5 | 21.5 | 22.1 |
| | Panicle | — | — | 13.0 | 15.3 | 27.2 | 21.1 | 14.3 | 15.2 |
| Medium 25—20°C | Leaf | 72.1 | 93.3 | 49.6 | 45.7 | 73.1 | 51.6 | 71.2 | 75.8 |
| | Culm | 27.9 | 6.7 | 20.7 | 36.5 | 16.2 | 37.5 | 7.0 | 10.5 |
| | Panicle | — | — | 29.7 | 17.8 | 10.7 | 10.9 | 21.8 | 13.8 |
| Low 20—15°C | Leaf | 91.2 | 88.7 | 89.4 | 79.1 | 89.2 | 86.4 | 68.2 | 70.0 |
| | Culm | 8.8 | 11.3 | 8.7 | 19.8 | 8.2 | 11.8 | 24.4 | 23.4 |
| | Panicle | — | — | 1.9 | 1.1 | 2.6 | 1.8 | 7.4 | 6.6 |

N：自然光照 (Natural hight)。
S：遮光 (Shading 60%)。

之，自然光照條件下，中溫區爲最低，占54.0%，低溫區爲最高，占79.4%，高溫區居中，爲69.0%。又遮光條件下，高溫區爲最低，占55.2%，低溫區之63.9%爲最高，而中溫區居中，占56.6%，然而高、中溫區之值頗爲相近。又，由本結果可見第10天後之轉運較少。

臺中在來一號品種之結果，示於表二及圖二（b），本結果與臺南五號品種之結果，頗爲一致。自然光照條件下，經溫度與日照處理1天後的結果，葉中之 $^{14}C$ 光合成物質以高溫區爲最少，占56.8%，低溫區爲最高，占91.2%，遮光結果，高溫區亦爲最低，占61.3%，中溫區93.3%爲最高，但中、低溫區之值甚近。

經10天後之結果顯示於表二及圖二（b），由本結果知，自然光照條件下，高、中、低三溫區依序爲38.2%，49.6%，89.4%，則以低溫區爲最高，高、中溫區之值相近。遮光條件下，則以中溫區爲最少，占45.7%，低溫區爲最高，占79.1%，高、中溫區之值亦近。由此可見，低溫區由葉中轉運而出之速度較慢，亦可見第1～10天之轉運量較多。

收穫期調查結果如圖二（b）、表二，自然光條件下以高溫區爲最低，占64.2%，中溫區與低溫區之值頗近，前者71.2%，後者爲68.2%，遮光條件下之結果與自然光區相同傾向，高溫區爲最低，占62.7%，中溫區之75.8%爲最高，低溫區之70.0%居中。

**(二) 莖部 $^{14}C$ 光合成物質之轉運與分配**

臺南五號品種之結果顯示如圖三（a）、表一，自然光條件下，1天後的結果，高溫區由葉部轉運入莖部者占48.2%爲最高，低溫區4.0%爲最低，中溫區11.4%居中，遮光條件下之趨勢與自然光者同，以高溫區之21%爲最高，低溫區之0.74%最低，中溫區之5.9%居中，由此可見，高溫區由葉中轉運至莖部之速度，以高溫區爲最速，中溫區次之，低溫區爲最慢。

10天後之結果顯示如圖三（a）、表一，自然光條件下，高溫區最多，占42.3%，低溫區占10.9%爲最低，中溫區之15.4%居中。遮光區高、中、低溫區依序各爲16.9%，28.9%，22.4%，以高溫

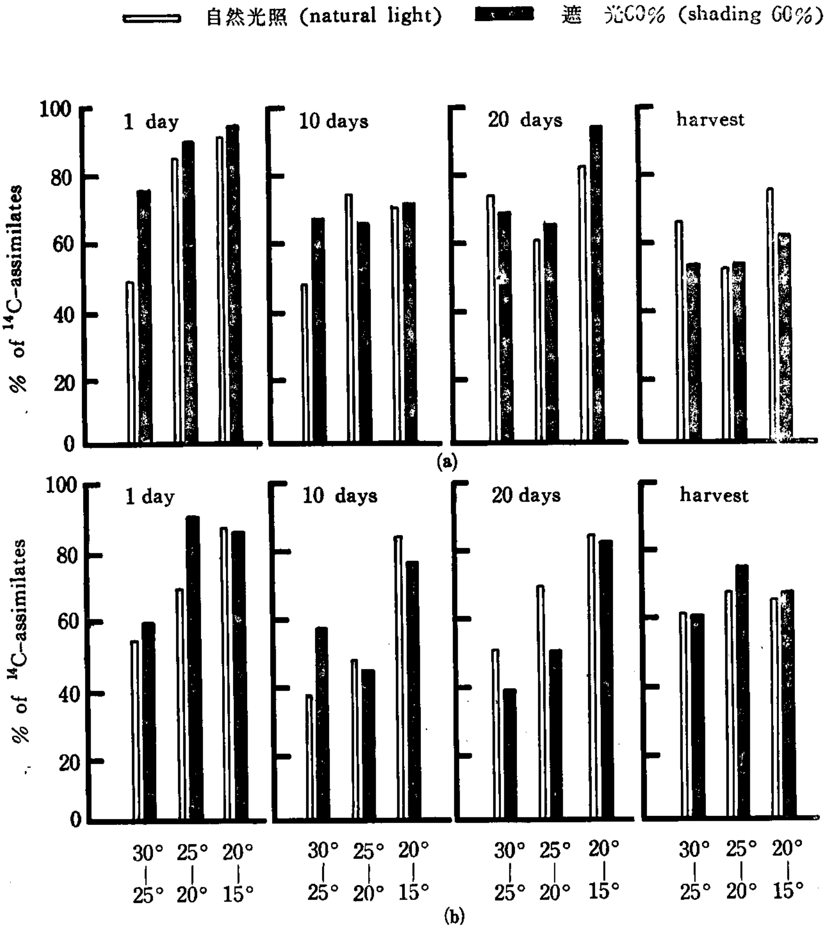



圖 2. 氣溫與日照强度對水稻葉中 $^{14}$C 光合成物質分佈之影響

**Fig. 2.** Effect of air temperature and light intensity on the distribution of $^{14}$C-assimilate in the leaf of rice.

(a) 臺南五號 (var. Tainan No. 5)；

(5) 臺中在來一號 (var. Taichung Native No. 1)。

區之値爲最低。比照穗中之結果（表一及圖四(a)）得知，此因大部分之 $^{14}$C 光合成物質已轉入穗中，故高溫區同時期之穗中占14.5%爲最高，中溫區穗中僅4.4%，低溫區更少，僅爲3.3%，可見，高溫區之轉運較速，低溫區爲最慢。

收穫期之結果顯示於圖三（a）及表一，自然光條件下，莖中之 $^{14}$C 光合成物質以中溫區爲最多，占 33.1%，高溫區之 22.7%居次，低溫區爲最少。遮光條件下，亦以中溫區爲最高，占56.6%，低溫區次之，占32.3%，高溫區爲最少，僅占31.3%，但高溫區與低溫區之値頗近，僅相差1%而已。

臺中在來一號品種之結果（圖三（b）、表二），以自然光照區而言，經處理1天後莖中之 $^{14}$C 光合成物質，以高溫區爲最多，占43.2%，低溫區爲最低，占8.8%，中溫區 27.9%居中。遮光區爲38.7%，爲最高，低溫區爲11.3%居其次，中溫區之6.7%爲最低。

10天的結果觀之（圖三 (b)），莖中之 $^{14}$C 光合成物質，以高溫區之 48.8 %爲最高，中溫區之

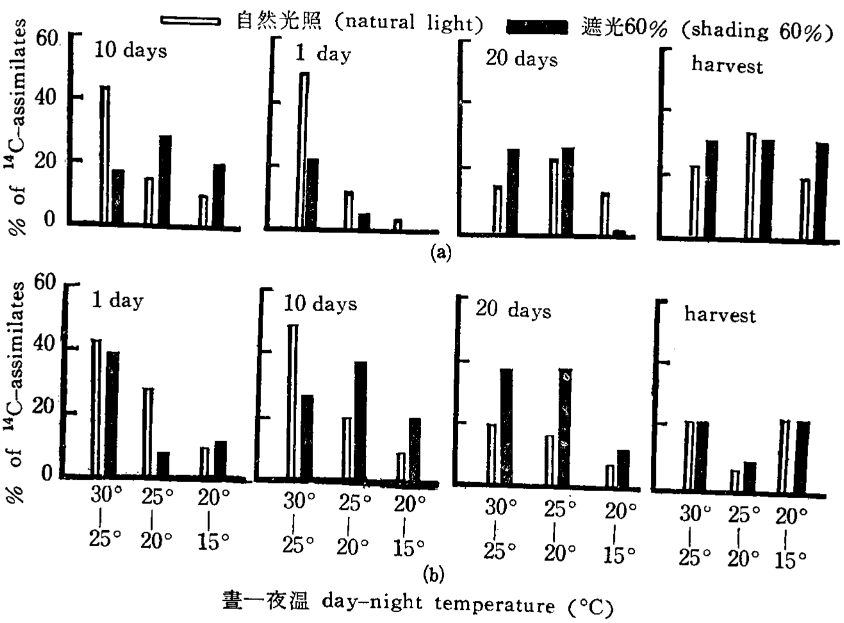



圖 3. 氣溫與日照强度對稻稈中 $^{14}$C 光合成物質分佈之影響

Fig. 3. Effect of air temperature and light intensity on the distribution of $^{14}$C-assimilate in the culm of rice.

(a) 臺南五號 (var. Tainan No. 5)；

(b) 臺中在來一號 (var. Taichung Native No. 1)。

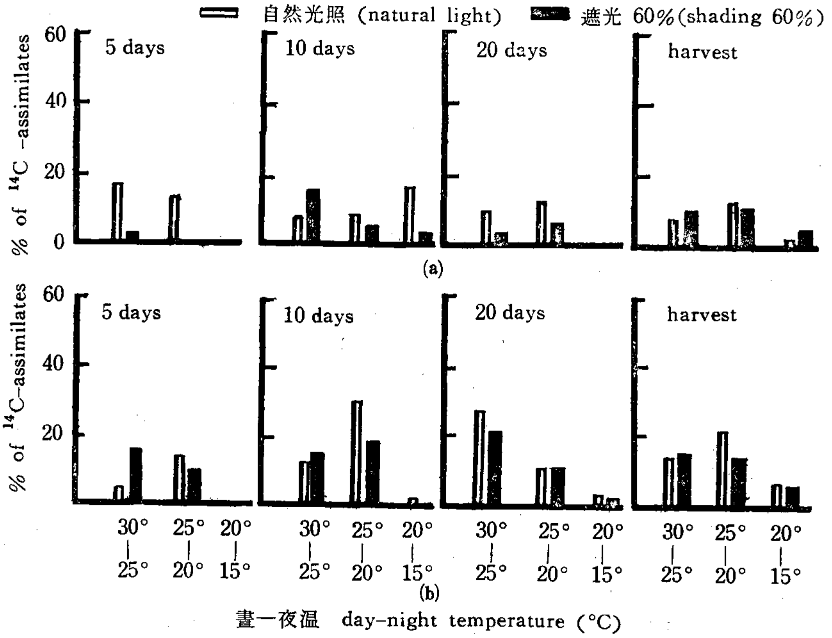



圖 4. 氣溫與日照强度對稻穗中 $^{14}$C 光合成物質分佈之影響

Fig. 4. Effect of air temperature and light intensity on the distribution of $^{14}$C-assimilate in the panicle of rice.

(a) 臺南五號 (var. Tainan No. 5)；

(b) 臺中在來一號 (var. Taichung Native No. 1)。

20.7%居其次，低溫區亦爲最少，占 8.7%，遮光區則以中溫區爲最高，占36.5%，高溫區次之，占26.1%，低溫區爲最少，占19.8%。

收穫期間調查結果，自然光照條件下，以低溫區之24.4%爲最高，高溫區之21.5%居其次，中溫區爲最低，占7.0%而已，但穗中所占比率（圖四(b)）對照比較得知，中溫區之21.8%爲最高，高溫區之 14.2%居其次，低溫爲最少，僅占 7.3%，由此可見，莖中之 $^{14}C$ 光合成物質雖少，但穗中則多，亦即是高、中溫區之轉運較速，低溫則慢。

遮光條件下所得結果（圖三（b）及表二），亦與自然光照者相同傾向，低溫區所占比率爲最高，占23.4%，高溫區占22.1%居其次，前二者之值僅相差 1.3%而已，中溫區爲最低，占 10.5%，而穗中所占百分比觀之，高溫區之15.2%爲最高，中溫區 13.7%居次，低溫區爲最低，占 6.6%，而高溫區及中溫區 $^{14}C$ 光合成物質比率較低之原因，乃轉運入穗中所致。

**（三）穗部之 $^{14}C$ 光合成物質之蓄積情形**

臺南五號收穫期的結果（圖四（a）及表一）而言，自然光條件下，$^{14}C$ 光合成照物質在穗中之蓄積，以中溫區爲最高，占11.6%，高溫區居其次，占8.4%，低溫區顯較少，僅爲0.7%。遮光條件下，高溫區之13.5%爲最高，中溫區之11.3%退居其次，低溫區亦爲最少，僅爲 3.8%而已。又以自然光照與遮光條件二者相比較可知，高溫區之遮光處理較自然光照區爲高，約 5.1%，而中溫區則較遮光區與自然光區幾無差異，但低溫區之遮光區較自然光照區爲高，約高出 3.0%，由此可見，遮光與自然光照處理結果之差異不明顯。

臺中在來一號的結果（圖四（b)及表二），收穫期穗中之 $^{14}C$ 光合成物質蓄積，以中溫區爲最高，占 21.8%，高溫區占 1.43%居次，二者相差7.6%，低溫區爲最低，僅占7.4%。又以遮光條件觀之，則高、中、低溫區依序爲15.2%，13.7%及6.6%，亦以低溫區爲最低，而高溫區及中溫區爲高。再以遮光與否比較結果，高溫區中，遮光與自然光區之値，幾無差異，僅相差 1 %而已，中溫區以自然光區較優勢，相差約 8 %，依低溫區中，遮光與否，結果亦無差異。由此可見，日照強度對轉運與分配之影響不明顯。

**（四）$^{14}C$ 光合成物質在葉部之分配情形**

收穫期之材料，分析各葉之 $^{14}C$ 光合成物質蓄積所占百分比的結果，將其高、低順序如下：

臺南五號品種的結果（圖五（a））：

30°～25°C 區

自然光照區：$L_2>L_1>L_3>L_4>L_5>L_6$

遮　光　區：$L_1>L_2>L_3>L_4>L_5>L_6$

25°～20°C 區

自然光照區：$L_1>L_2>L_3$

遮　光　區：$L_2>L_1>L_4>L_5>L_3$

20°～15°C 區

自然光照區：$L_1>L_4>L_3>L_5>L_2$

遮　光　區：$L_1>L_2>L_4>L_3>L_5$

臺中在來一號品種的結果（圖五（b））：

30°～25°C 區

自然光照區：$L_2>L_1>L_4>L_3>L_5$

遮　光　區：$L_2>L_3>L_4>L_1$

25°～20°C 區

自然光照區：$L_4>L_3>L_2>L_1>L_5$

遮　光　區：$L_1>L_3>L_2>L_4$

20°～15°C 區

自然光照區：$L_1>L_3>L_2>L_4$

遮　光　區：$L_3>L_2>L_4>L_1>L_5$

由以上結果知，$^{14}C$ 光合成物質在葉部各葉位之分配，並無一致傾向，大致上而言，以上位葉片居多，下位葉片較少。

## 討論與結論

本試驗中經 $^{14}CO_2$ 光合作用標識處理於葉部之水稻，移至各種不同溫度與日照強度處理之結果得知，第 1 天的葉部之 $^{14}C$ 光合成物質之低溫區爲最高，高溫區爲最少，中溫區居中（表一、表二及圖二）。再比照莖部的結果（表一、表二及圖三）可見，正與葉部的結果相反，亦即是高溫區爲最高，低溫區爲最少，二供試品種之結果，頗爲一致。然而隨處理時間之延長，中、低溫區葉中之殘留量逐漸減少，而莖中逐漸增加，原來第 1 日的90%左右，降至第10日之50～60%，但高溫區在第 1 日就降至同值，在最後之收穫期，葉中之殘留量以中、高溫區較低，但低溫區則高。高溫與中溫區之 $^{14}C$ 光合成產物轉運經莖部到達穗後，蓄積於穀粒中，故

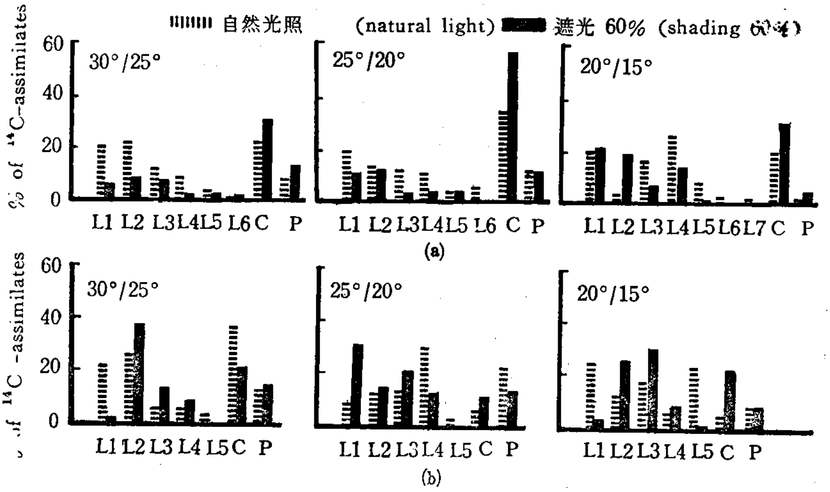



**圖 5.** 氣溫與日照強度對水稻地上部各部位之 $^{14}C$ 光合成物質分配之影響

**Fig. 5.** Effect of air temperature and light intensity on the partition of $^{14}C$-assimilate in each organ of above ground parts of rice.

(a) 臺南五號 (var. Tainan No. 5)；(b) 臺中在來一號 (var. Taichung Native No. 1)。

註：$L_{1,2,3 \ldots\ldots n}$—葉位記號順序乃由上至下 leaf blade ofno. 1, 2……to n. from upper to lower.

C：葉鞘 leaf sheath； P：稻穗 Panicle。

穗中之含量，最後仍以高溫區及中溫區爲高，低溫區爲最低。由此可見，由葉部向外轉運之速度及量，以高溫區爲最高，中溫區次之，低溫爲最低。同樣問題，星野等 (1969) 曾謂：溫度增高，轉流量與轉流流速度增加。Vernon 等(1952)及 Whittle (1964) 之結果指出，低溫則轉流速度減低。Hartt (1965) 之甘蔗試驗所得結論，高氣溫及高地溫下，光合成產物由葉部向外轉運速度高。本試驗所得結果與彼等之結果一致。

另日照强度對轉運與分配之影響問題，過去之試驗報告甚多，但其見解不一。Vernon等(1952)之報告，同化物質之轉流與光强無關。又 Nelson (1957) 及 Kursanov (1956) 亦謂：暗處轉運多，光可抑制轉運。但 Goodall (1946) 之試驗結果指出，同化物質在晝間之轉流多。又 Hartt (1964) 於甘蔗試驗所得結果亦稱：光爲轉運所必需。而本試驗所得結果，日照强度對轉運之影響，正負效果互現，亦無一定之趨勢。

總上結果知，氣溫低時轉運速度慢，高溫對轉運有利。而且某一限度之高溫對光合成物質由葉部轉運蓄積於穀粒有助益。然而，日照强度則不然，其影響效果之傾向不一。故對水稻光合成產物之轉運與分配之影響，氣溫似較日照强度爲大。因此，本省第二期稻作栽培後期之溫度較低，對光合成物質轉運至穗部之不利影響，似亦爲低產之一因。

## 引用文獻


1. 戶苅義次、岡本嘉、玖村敦彥，1954。日作紀，22，95-97。
2. 李水龍、湯文通，1963。科學農業，11(1,2),9-33。
3. 邱再發、李蘭帝、陳佩蘭、林岷，1963。農業研究，12(4),28-41。
4. 林安秋、蘇新，1976。科學發展月刊，4(11),5-20。
5. 林安秋、談家俊，1979。中華農學會報，新第107期，25-35。
6. 星野正生、大泉久一、大久保忠旦，1969。日作紀，38 (別1)，51-52。
7. 鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳來貴、張萬來、林富雄、吳育郎，1975。科學發展月刊，3(10),5-39。
8. Cock, J. H. and S. Yoshida. 1972. *Proc. Crop. Sci. Japan*, 41, 226-234.
9. Goodall, D. W. 1946. *Ann. Bot. (n. s)*, 10, 305.
10. Hartt, C. E. 1964. *Plant Physiology*, 39, 460-474.

11. Hartt, C. E. 1964. *Plant Physiology*, 40, 64-81.

12. Kursanou, A. L. 1956. *Ann. Rev. Plant Physiology*, 7, 401.

13. Nelson, C. D. and P. R. Gorham. 1957. *Can. J. Bot.*, 35, 339-347.

14. Vernon, L. P. and S. Aronoff. 1952. *Arch. Biochem. Biophy.*, 36, 383-398.

15. Whittle, C. M. 1964. *Ann. Bot.* (*n. s.*) 28, 339-344.

# Effect of Air Temperature and Light Intensity on Translocation and Distribution of $^{14}C$-Assimilates in Rice Plant*

An-Chio Lin

*Department of Agronomy*
*National Taiwan University*
*Taipei, Taiwan 107 Republic of China*

## Summary

The purpose of this study was to clarify the effect of air temperature and light intensity on translocation and partition of $^{14}C$-assimilates in rice plants, so that ot elucidate the causes of low yield of the second rice crop in Northern Taiwan. The results were summarized as follows :

1. The distribution of $^{14}C$-assimilates in the rice leaves after one-day $^{14}C$-labelling and temperature treatment under natural solar radiation condition was the lowest at high air temperature ( 30°～25°C, day-night temperature), and the highest at low temperature ( 20°～15°C ). Two cultivars showed the same trend. The similar result was obtained at high temperature, however, no regular trend was observed at medium or low temperature under 60% of shading.

2. The translocation of $^{14}C$-assimilates from the leaf to the culm after one-day treatment was about 50% of total labelling at high temperature, 20% at medium temperature, and 10% at low temperature. Then, it was increased after ten days at medium and low temperatures. Thus, the translocation of $^{14}C$-assimilates from the leaf to culm was faster at high temperature than that of low temperature.

3. The accumulation of $^{14}C$-assimilates in the panicle at harvest time under natural solar radiation condition was higher at medium temperature than the other treatments, and lowtemperature was the least. While it was much more at high temperature, and low temperature was still the least under 60% of shading. Two cultivars had same results. Thus, the optimum temperature for the accumulation of $^{14}C$-assimilates to the panicle seems to be at medium temperature (25°～20°C).

4. The partitoning of $^{14}C$-assimilates in the leaves at harvest time did not show any regular trend. In general, it was much more at upper leaves than the lower ones.

5. In conclusion, $^{14}C$-assimilates was translocated from the leaf to culm or panicle much more at high temperature, while at low temperature, lesser of that was translocated to culm and panicle but more of that was accumulated in the leaf. Thus, the high temperature ( 30°～25°C ) is beneficial for the translocation and accumaulation of the $^{14}C$-ssimilates to the panicle. No clear trend of the effect of light intensity on translocation aand distribution was found in this experiment. It may be considered that the air temperature is more responsible for translocation of $^{14}C$-assimilated than the light intensity.

*Supported by a grant 1980-5.1-080 (2—7) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 日射量對水稻抽穗期、營養要素濃度、乾物質生產與產量的影響*

蔡金川　沈美珍　陳建山　劉大江

臺灣省農業試驗所農藝系

## 摘　要

對多個水稻品種在不同生育期間分別進行爲期10天的80%遮光處理，調查對抽穗期、產量與產量構成要素的影響並分析處理後植株各部位乾物質及重要營養要素濃度的經時變化。

試驗結果發現遮光可延遲抽穗，尤以早期處理與稉稻之反應最爲明顯。日射量不足並顯著影響產量，最重要的生育階段爲減數分裂期與穗部快速充實期，均嚴重影響除穗數之外的其他三項產量構成要素。品種間的表現雖有差異存在，但本省15個推廣品種之產量均僅爲對照組之50%以下，顯示日射量對水稻生長的重要性。

抽穗時植株之乾物重受遮光的影響很大，孕穗期處理時，稈部乾重僅爲對照之65%（稉稻）與75%（秈稻）。二期作於抽穗前施以遮光，植株內氮素濃度升高，顯示處理對光合成作用之影響大於對氮吸收之影響；抽穗後之處理則對氮濃度不生作用或使濃度降低。一期作的各項反應不如二期作明顯。期作間比較發現減數分裂期以後，二期作稻葉片內氮濃度較一期作爲高，稈部則相似或亦略高。

非構造性碳水化合物方面，水稻生育初期行遮光處理固可使濃度降低，但隨後逐漸回升，至抽穗時已不呈差異。抽穗前後之處理則急劇而明顯的減少莖稈內碳水化合物濃度，處理結束後之濃度回升亦較不明顯。在兩期作均發現，減數分裂期如日射量不足，會減少抽穗後源自莖稈的養分再分佈；乳熟期進行處理，則穗部不充實的原因爲光合成能力受到影響。

對二期作水稻數種重要元素進行分析結果，發現任何生育階段行遮光處理均導致葉片鉀濃度降低，而莖稈鉀濃度大幅上升。遮光對葉片磷濃度的影響不大，但稈部則有多量磷的累積。二者對遮光的反應顯示低日射量可能經由營養狀態而對葉片生理活性及碳水化合物的轉化與轉流發生作用。

## 前　言

農業試驗所作物生理研究室近年來探討第一、二期作水稻生理生長對環境因子的反應，試驗重點在於溫度對碳水化合物累積與轉流的影響，以及低日射量下水稻重要農藝性狀與產量構成要素的表現。試驗結果發現二期作水稻生育過程中的溫度變化不利於生育各期非構造性碳水化合物 (total nonstructural carbohydrates, TNC) 的生產與分佈，以致能源供應較少，可能影響稻株生長 (Liu, 1979；Chen *et al.*, 1980)。在臺北地區並發現乳熟期如逢日照不足，易導致充實率與千粒重降低；在臺中地區之水稻以抽穗前十四日左右（約相當於減數分裂期）對低日射量最爲敏感；二者均顯著影響第二期作稻之產量（蔡，1978）。

溫度與日射量同爲影響二期作水稻生長的重要因子，低溫可導致光合成物質生產量的減少與轉流効率的降低，低日射量亦有相同的作用，因而影響一穗穎花數，結實率與千粒重之表現；本試驗的目的在對大量本省或由國外引進之水稻品種進行遮光

* 行政院農業發展委員會補助計畫 69 農建—4.1—產 080（2—12）。

測定，比較品種間的差異，同時研究不同時期期遮光對水稻生理的不良影響及恢復能力，經由乾物質生產與重要營養要素含量的變化趨勢，進一步分析期作間水稻表現的異同。

## 材料與方法

試驗於民國68年二期作與69年一期作在臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所農場進行，在比較水稻品種對低日射量之適應性差異方面，第二期作選用本省目前栽培品種及自日本、韓國、菲律賓、泰國、西班牙與美國等地引進之品種共45個（Table 1）進行試驗，第一期作則僅選用15個秈、稉稻品種爲材料（Table 2）。供試水稻均單本植於田間，行株距爲 25×20cm，每品種種植一行，重複三次，按慣行法行田間管理。二期作自移植後17日開始，一期作自移植後21日開始進行80%遮光處理，每次

**Table 1.** Influence of shading at various growth stages on the heading date of rice varieties (2nd crop, 1979)[a]

| Variety | Time of Shading Treatment (Days after transplanting) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | 17—26 | 27—36 | 37—46 | 47—56 | 57—66 | 67—76 |
| **Taiwan *Japonica* Varieties** | | | | | | | |
| 1. Tainung No. 61 | 10/01[b] | +18** | +15** | + 8** | +7* | +0 | +0 |
| 2. Tainung No. 67 | 10/02 | +13** | +14** | +11** | +2 | +5* | +0 |
| 3. Taipei No. 309 | 9/29 | +19** | +14** | + 9** | +7* | −3 | +0 |
| 4. Taichung No. 65 | 9/30 | +14** | +16** | + 8** | +7* | +8** | +0 |
| 5. Chiahung No. 242 | 10/05 | +11** | + 9** | + 6* | +1 | +3 | +0 |
| 6. Tainan No. 5 | 10/06 | +17** | + 9** | +10** | +4* | +2 | +0 |
| 7. Kaohsiung No. 140 | 10/05 | +11** | +11** | + 4* | +5* | −3 | +0 |
| **Taiwan *Indica* Varieties** | | | | | | | |
| 8. Hsinchu-ai-chueh-chien | 9/30 | + 9** | + 1 | + 5* | +3 | +2 | +0 |
| 9. Taichung Native No. 1 | 10/05 | + 9** | + 3 | + 8** | +9** | +1 | +0 |
| 10. Taichung Sen No. 3 | 10/13 | + 5** | + 2 | + 3 | +3 | +2 | +3 |
| 11. Taichung Sen No. 10 | 10/10 | + 6** | + 4* | + 2 | +3 | +4* | +2 |
| 12. Chianung Sen No. 11 | 10/10 | +13** | + 5* | + 2 | +3 | +1 | +2 |
| 13. Kaohsiung Sen No. 2 | 10/06 | +10** | + 1 | + 2 | +5* | +0 | +4* |
| 14. Tainung Sen Yu 2171 | 10/04 | +11** | + 5* | + 8** | +3 | +2 | +0 |
| 15. Tainung Sen Yu 2641-1 | 10/10 | +18** | + 6* | + 2 | +6* | +1 | +1 |
| **Mainland Chinese Varieties** | | | | | | | |
| 16. Ta-mao-shiang | 10/04 | + 7* | + 6* | + 3 | +5* | +0 | +0 |
| 17. Ta-tsang-tai-tzu-shien | 9/27 | +12** | + 3 | + 5* | +3 | +0 | +0 |
| 18. Sha-tiao-tsao | 9/26 | +12** | + 0 | + 4* | +3 | +0 | +0 |
| 19. Nan-tsao No. 33 | 9/22 | +14** | + 3 | + 4* | +2 | +0 | +0 |
| **Japanese Varieties** | | | | | | | |
| 20. Aikawa No. 44 | 9/17 | + 9** | + 8** | + 3 | +0 | +0 | +1 |
| 21. Homura No. 1 | 9/15 | + 9** | + 8** | + 4* | +0 | +0 | +0 |
| 22. Sakaikanekeo | 9/27 | + 8** | +11** | + 9** | −1 | +0 | +0 |
| 23. Nakasengoku | 9/20 | + 9** | + 7* | + 4* | +1 | +0 | +0 |
| 24. Yae-ho | 9/16 | + 9** | + 8** | + 2 | −1 | +0 | +0 |
| 25. Nohrin No. 8 | 9/18 | + 8** | + 5* | − 1 | −1 | +0 | +0 |
| 26. Mutsunishiki | 9/15 | +12** | +10** | + 6* | −1 | +0 | +0 |
| 27. Toyonishiki | 9/20 | +16** | + 7* | + 2 | +3 | +0 | +0 |
| **Korean Variety** | | | | | | | |
| 28. Li-li No. 239 | 9/24 | +14** | +13** | + 7* | +0 | +0 | +0 |

**Table 1.** (Continued)

| Variety | Time of Shading Treatment (Days after transplanting) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | 17—26 | 27—36 | 37—46 | 47—56 | 57—66 | 67—76 |
| Indian Varieties | | | | | | | |
| 29. India No. 9 | 9/30 | + 6* | + 2 | + 6* | +2 | +1 | +0 |
| 30. India No. 15 | 10/08 | + 0 | + 1 | + 1 | +3 | +0 | −2 |
| 31. India No. 24 | 10/01 | + 8** | + 6* | + 7* | +3 | +3 | +1 |
| 32. Ashkata | 9/26 | + 9** | + 7* | + 7* | +4* | −1 | +0 |
| Tailand Varieties | | | | | | | |
| 33. Thong-roya-dum | 10/07 | + 1 | + 3 | + 4* | +2 | +0 | −1 |
| 34. Thing-roya-dum | 10/09 | +15** | +12** | +11** | +8** | +0 | +0 |
| Vietnam Variety | | | | | | | |
| 35. R. T. S. 26 | 10/14 | +10** | + 7* | + 3 | +7* | +2 | +2 |
| Pakistani Variety | | | | | | | |
| 36. Dular | 9/20 | +15** | +11** | + 6* | +2 | +0 | +0 |
| Egyptian Variety | | | | | | | |
| 37. Nahda | 9/16 | +10** | + 8** | + 7* | +2 | −1 | −1 |
| Italian Variety | | | | | | | |
| 38. Sesia | 9/21 | +13** | + 4* | + 5* | +1 | +0 | +0 |
| American Varieties | | | | | | | |
| 39. Prelude | 9/27 | +10** | + 3 | +11** | +5* | +0 | +0 |
| 40. R-R ("Scented") | 10/06 | +14** | + 3 | + 4* | +4* | +2 | +0 |
| 41. Gulfrose | 9/26 | +15** | +12** | +10** | +6* | +2 | +1 |
| 42. 4626 Al-13-3 | 9/26 | +13** | + 1 | + 5* | +5* | +0 | +0 |
| 43. Nato | 9/28 | +13** | + 9** | + 8** | +5* | +1 | +0 |
| 44. CI 9122×Rexoro | 10/04 | +14** | +20** | + 7* | +6* | −2 | −2 |
| 45. B575 Al-26-4 | 9/28 | +18** | + 6* | + 9** | +3 | −2 | −2 |

[a]Number of days before (−) or after (+) the heading date of check treatment.

[b]Heading date (month/day) of check treatment, the transplanting date for all varieties was July 31.

**and* : significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

處理10天，連續處理 8 —10次，並以不遮光者爲對照。遮光箱係以木條造成，通風効果頁好，箱內溫度較箱外高1°C 以下。試驗調查項目包括抽穗日期與產量及其構成要素。

另外以稉稻臺農 67 號與秈稻嘉農秈 11 號水稻品種爲材料，亦於第一、二期作以 3 — 5 本植於田間栽培，行株距爲25×20cm，小區面積 3 ×2.5m，重複二次；二期作自移植後21日起，一期作自移植後 31 日起，分別施以 80% 之遮光處理，每次處理爲期10天，，連續處理 7 次，並以不遮光者爲對照。每次處理均自處理結束後每間隔10日行連續取樣，將植株區分爲葉片、稈（含葉鞘）與穗等部位，於送風乾燥機內先以 100°C 烘乾 2 小時，繼以 70°C 烘乾24小時後秤取乾物重，樣品再經40目篩以 Wiley mill 磨粉，全氮分析依 semi-micro Kjeldahl法進行，非構造性碳水化合物定量則係仿 Smith (1969) 方法分析。二期作之部份材料並以高溫乾式法灰化 (dry ashing) 後，以 AOAC (

1970）法測定磷濃度，利用原子吸收光譜儀測定鉀濃度。

## 結果與討論

68年第二期作以45個水稻品種行遮光處理，結果發現對水稻生育期具有明顯的影響，尤以早期之遮光最能使抽穗期延後，唯品種間之表現亦有差異。就臺灣粳稻品種而言，第一次處理（移植後17～26日）可使抽穗期延後11～19日（7個品種之平均爲15日），第二次處理（移植後27～36日）平均延遲12.5日，第三次處理（移植後37～46日）之平均爲8日（Table 1），亦即處理之時間越晚，對水稻抽穗期之影響越小。第一至三次遮光處理使本省8個秈稻品種抽穗期分別延後 10、3.5 與4日（Table 1），表示秈稻所受之影響較粳稻爲小。其他地區或國家來源的水稻也有相似的表現，但日本粳稻對第一次處理的反應較臺灣粳稻爲弱，早熟品種Mutsunishiki與Toyonishiki爲兩個例外；源於印度、越南、埃及與義大利的品種之抽穗期所受遮光之影響亦不如臺灣品種，美國品種之表現則與臺灣品種約略相似。

**Table 2.** Influence of shading at various growth stages on the heading dates of rice varieties (1st crop, 1980)[a]

| Variety | Time of Shading Treatment (Days after transplanting) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | 21—30 | 31—40 | 41—50 | 51—60 | 61—70 | 71—80 |
| Japonica Variety | | | | | | | |
| 1. Taipei No. 309 | 5/13[b] | + 9** | + 7** | +7* | +6* | +2 | +1 |
| 2. Taichung No. 65 | 5/18 | + 8** | + 5* | +3 | +2 | +1 | +0 |
| 3. Tainung No. 67 | 5/16 | +10** | +10** | +5* | +3 | +1 | +3 |
| 4. Kaohsiung No. 140 | 5/20 | + 6* | + 4* | +3 | +2 | +2 | +1 |
| 5. Tainan No. 5 | 5/19 | +11** | +10** | +9** | +7* | +7* | +0 |
| 6. Chianung No. 242 | 5/17 | + 6* | + 9** | +5* | +3 | +2 | +0 |
| 7. Tainung No. 61 | 5/15 | + 6* | + 7* | +7* | +7* | +3 | +1 |
| 8. Toyonishiki | 5/07 | +11** | + 9** | +9** | +8** | +3 | +0 |
| Indica Variety | | | | | | | |
| 9. Hsinchu-ai-chueh-chien | 5/19 | + 4* | + 2 | +1 | +1 | +2 | +5* |
| 10. Taichung Native No. 1 | 5/20 | + 5* | + 3 | +4* | +5* | +5* | +1 |
| 11. Taichung Sen No. 3 | 5/27 | + 3 | + 2 | +1 | +1 | +2 | +1 |
| 12. Taichung Sen No. 10 | 5/24 | + 6 | + 4* | +3 | +6* | +6* | +1 |
| 13. Kaohsiung Sen No. 2 | 5/20 | + 7* | + 5* | +4* | +1 | +0 | +0 |
| 14. Chianung Sen No. 11 | 5/22 | + 2 | + 2 | +1 | +3 | +3 | +2 |
| 15. Nan-tsao 33 | 5/10 | 13** | +10** | +10** | +8** | +2 | +0 |

[a]Number of days before (—) or after (+) the heading date of check treatment.
[b]Heading date (month/day) of check treatment, the transplanting date for all varieties was Feb. 29.
**and*: singificant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

69年第一期作的試驗結果列於 Table 2，第一次遮光處理（移植後第21～30日）使供試稉稻品種的抽穗期平均延後 8.4日，第二次處理（移植後31～40日）平均延遲 7.6日，第三、四次處理之平均分別爲6.0與4.8日；第一至四次遮光處理使供試之七個秈稻品種的抽穗期分別延後 5.0、3.5、3.0與3.1 日，也有越早處理的影響越大及秈稻所受影響不及稉稻的表現。但與二期作比較（Table 1），顯示一期作抽穗期因遮光而導致之延後程度顯然較小，究其原因，可能爲自然狀況下一期作稻生育初期之日射量遠較二期作時爲低（陳與陳，1980），致使遮光之反應較弱，此外一期作初期之氣溫較低，水稻之生長與發育較爲緩慢，亦即溫度與日射量之交感作用不容忽視。

Table 3係第二期作稻於減數分裂期（meiosis stage or reduction division stage）接受遮光處理，45個品種之產量與產量構成要素的表現。此一時期遮光對穗數之影響不大， Matsushima（1975）報告最盛分蘗期（most active tillering stage）遮光對穗數的影響最大，而最高分蘗期以後施予處理的効果即不明顯；本試驗[illegible]少數品種之穗數因減數分裂期遮光而有小幅度增[illegible]（Table 3），可能是遮光使較幼小之分蘗不能[illegible]穗或取樣差異的結果。

除穗數外，減數分裂期行遮光處理對其他三個產量構成要素的影響很大，Matsushima（1975）

**Table 3.** Influence of shading treatment at meiosis stage on the yield and yield components of rice varieties[a] (2nd crop, 1979)

| Variety | Panicle No. per Hill | | No. of Spikelet per Panicle | | Percent of Seed-setting | | 1000-grain Weight (g) | | Yield (g/hill) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | Shadinn | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading |
| 1. Tainung No. 61 | 8 | 8 | 103 | 96(93.2) | 85.9 | 56.4(65.7) | 26.1 | 19.7(75.6) | 18.5 | 8.5(46.2) |
| 2. Tainung No. 67 | 10 | 10 | 118 | 65(55.1) | 87.3 | 58.0(66.4) | 26.8 | 20.1(75.0) | 27.6 | 7.6(27.4) |
| 3. Taipei No. 309 | 8 | 8 | 109 | 62(56.9) | 86.0 | 56.9(66.2) | 24.9 | 18.2(72.9) | 18.7 | 5.1(27.4) |
| 4. Taichung No. 65 | 8 | 8 | 120 | 66(55.0) | 81.7 | 59.4(72.7) | 25.2 | 15.6(61.8) | 19.8 | 4.9(24.7) |
| 5. Chianung No. 242 | 8 | 8 | 125 | 102(81.6) | 81.7 | 65.5(80.2) | 24.7 | 17.2(69.6) | 20.1 | 9.2(45.5) |
| 6. Tainan No. 5 | 9 | 9 | 127 | 71(55.9) | 82.6 | 55.5(67.2) | 25.8 | 18.5(71.7) | 23.9 | 6.2(26.0) |
| 7. Kaohsiung No. 140 | 12 | 10 | 128 | 57(44.5) | 78.3 | 42.0(53.6) | 24.1 | 16.7(69.3) | 29.0 | 4.0(13.8) |
| 8. Hsinchu-ai-chueh-chien | 11 | 9 | 131 | 87(66.4) | 76.8 | 46.9(61.1) | 24.9 | 19.9(79.7) | 27.6 | 7.3(26.4) |
| 9. Taichung Native No. 1 | 11 | 11 | 136 | 64(47.1) | 75.8 | 48.2(63.6) | 23.5 | 17.0(72.4) | 26.6 | 5.8(21.7) |
| 10. Taichung Sen No. 3 | 11 | 11 | 142 | 81(57.0) | 72.0 | 53.0(73.6) | 24.0 | 18.2(75.8) | 27.0 | 9.4(34.7) |
| 11. Taichung Sen No. 10 | 11 | 7 | 131 | 113(86.3) | 78.3 | 58.2(74.3) | 23.4 | 14.9(63.5) | 26.4 | 6.9(26.0) |
| 12. Chianung Sen No. 11 | 15 | 12 | 135 | 83(61.5) | 79.2 | 51.3(64.8) | 22.8 | 16.7(73.4) | 26.6 | 8.5(23.3) |
| 13. Kaohsiung Sen No. 2 | 10 | 9 | 139 | 131(94.3) | 79.2 | 47.3(59.6) | 22.9 | 17.7(77.3) | 25.2 | 9.9(39.1) |
| 14. Tainung Sen Yu 2171 | 18 | 13 | 100 | 75(75.0) | 81.6 | 65.3(80.0) | 23.2 | 19.9(85.8) | 34.0 | 12.6(37.1) |
| 15. Tainung Sen Yu 2641-1 | 16 | 14 | 113 | 78(69.0) | 80.6 | 61.5(76.3) | 26.1 | 23.3(89.2) | 38.1 | 15.9(41.6) |
| 16. Ta-mao-shiang | 22 | 18 | 82 | 56(68.3) | 83.2 | 70.9(85.2) | 22.9 | 17.5(76.7) | 34.3 | 12.5(36.5) |
| 17. Ta-tsang-tai-tzu-shien | 15 | 14 | 84 | 51(60.7) | 84.7 | 62.7(74.0) | 22.7 | 18.9(83.2) | 24.2 | 8.5(34.9) |

**Table 3.** (Continued)

| Variety | Panicle No. per Hill | | No. of Spikelet per Panicle | | Percent of Seed-setting | | 1000-grain Weight (g) | | Yield (g/hill) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | Shadinn | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading |
| 18. Sha-tiao-tsao | 14 | 16 | 89 | 57(64.0) | 85.2 | 58.8(69.0) | 24.0 | 17.4(72.4) | 25.2 | 9.3(36.6) |
| 19. Nan-tsao No. 33 | 10 | 9 | 118 | 70(59.3) | 75.5 | 52.2(69.1) | 23.8 | 18.0(75.7) | 21.2 | 5.9(27.9) |
| 20. Aikawa No. 44 | 10 | 9 | 66 | 57.(86.4) | 79.3 | 52.2(65.8) | 23.6 | 19.5(82.3) | 12.4 | 5.2(42.1) |
| 21. Homura No. 8 | 13 | 12 | 77 | 41(53.3) | 78.5 | 54.0(68.8) | 23.8 | 17.7(74.2) | 18.7 | 4.7(25.1) |
| 22. Sakaikanekeo | 11 | 6 | 101 | 70(69.3) | 80.6 | 52.2(64.8) | 22.8 | 15.6(68.3) | 20.5 | 3.4(16.7) |
| 23. Nakasengoku | 11 | 12 | 66 | 41(62.1) | 82.3 | 57.3(69.6) | 27.4 | 24.0(87.6) | 16.4 | 6.8(41.4) |
| 24. Yae-ho | 9 | 8 | 69 | 53(76.8) | 87.2 | 59.4(68.1) | 24.2 | 19.0(78.3) | 13.1 | 4.7(36.4) |
| 25. Nohrin No. 8 | 9 | 10 | 66 | 54(81.8) | 83.0 | 62.2(74.9) | 27.2 | 20.4(75.0) | 13.4 | 6.8(51.0) |
| 26. Mutsunishiki | 11 | 11 | 99 | 62(62.6) | 84.2 | 589.(70.0) | 24.9 | 18.5(74.1) | 22.9 | 7.4(32.5) |
| 27. Toyonishiki | 10 | 11 | 88 | 71(80.7) | 84.7 | 64.2(75.8) | 24.4 | 18.7(76.9) | 18.2 | 9.4(51.7) |
| 28. Li-li No. 239 | 13 | 7 | 127 | 62(48.8) | 83.1 | 58.4(70.3) | 22.6 | 18.2(80.4) | 31.0 | 4.6(14.9) |
| 29. India No. 9 | 12 | 11 | 114 | 73(64.0) | 76.1 | 57.1(75.0) | 22.3 | 19.5(83.6) | 24.3 | 9.0(37.1) |
| 30. India No. 15 | 14 | 9 | 119 | 84(70.6) | 77.8 | 61.4(78.9) | 20.6 | 16.3(79.2) | 26.7 | 7.6(28.4) |
| 31. India No. 24 | 11 | 10 | 129 | 65(50.4) | 77.9 | 52.8(67.8) | 22.0 | 14.8(67.2) | 24.3 | 5.1(20.9) |
| 32. Ashkata | 8 | 8 | 69 | 53(76.8) | 80.4 | 56.4(70.2) | 26.0 | 19.4(72.7) | 11.8 | 4.6(39.2) |
| 33. Thong-roya-dum | 13 | 8 | 78 | 39(50.0) | 80.2 | 57.4(71.6) | 24.5 | 22.0(89.7) | 20.0 | 3.9(19.7) |
| 34. Thing-roya-dum | 11 | 13 | 104 | 80(76.9) | 79.2 | 52.7(66.5) | 23.7 | 18.8(79.6) | 21.2 | 10.0(47.3) |
| 35. R. T. S. 26 | 9 | 8 | 142 | 66(46.5) | 84.9 | 50.5(59.5) | 22.4 | 19.8(88.6) | 24.3 | 5.3(21.8) |
| 36. Dular | 7 | 7 | 103 | 52(50.5) | 79.8 | 62.4(78.2) | 25.4 | 19.4(76.7) | 14.6 | 4.4(30.2) |
| 37. Nahda | 9 | 10 | 98 | 31(31.6) | 79.2 | 58.4(73.7) | 25.1 | 17.9(71.3) | 17.6 | 3.2(18.5) |
| 38. Sesia | 9 | 10 | 65 | 43(66.2) | 84.7 | 45.4(53.6) | 26.8 | 25.4(94.8) | 13.3 | 5.0(37.4) |
| 39. Prelude | 9 | 8 | 124 | 93(75.0) | 78.1 | 56.3(72.1) | 21.5 | 19.4(90.3) | 18.7 | 8.1(43.5) |
| 40. R-R ("Scented") | 13 | 13 | 100 | 78(78.0) | 82.7 | 53.8(65.1) | 21.2 | 19.4(91.9) | 22.8 | 10.6(46.6) |
| 41. Gulfrose | 7 | 6 | 98 | 66(67.4) | 76.3 | 55.3(72.5) | 22.8 | 17.9(78.6) | 11.9 | 3.9(32.9) |
| 42. 4626 Al-13-3 | 13 | 12 | 144 | 98(68.1) | 75.8 | 57.5(75.9) | 23.6 | 18.4(77.8) | 33.5 | 12.4(37.0) |
| 43. Nato | 8 | 8 | 141 | 87(61.7) | 72.4 | 48.3(66.7) | 21.2 | 17.2(81.2) | 17.3 | 5.8(33.4) |
| 44. CI 9122×Rexoro | 12 | 7 | 97 | 57(58.8) | 79.2 | 58.8(74.2) | 21.5 | 15.1(70.4) | 19.8 | 3.6(17.9) |
| 45. B575 Al-26-4 | 9 | 7 | 125 | 103(82.4) | 77.6 | 53.9(69.5) | 23.1 | 20.6(89.2) | 20.6 | 6.3(30.4) |

[a]Refer to Table 1 for the origin of rice varieties.

[b]Numbers in parentheses are percentages relative to those of the check treatments.

指出可降低一穗穎花數50%，本試驗的結果（Table 3）中，臺灣粳稻之一穗穎花數平均降低36.8%，臺灣秈稻爲30.4%，日本粳稻爲28.4%，美國稻平均爲29.8%，較Matsushima的結果爲低，但仍足以證明減數分裂期爲決定一穗穎花數的重要時期，此時外界環境因子的作用亦至爲顯著。Table 3 同時顯示品種間有差異性存在，例如經處理之臺農61號與高雄秈2號之一穗穎花數仍爲對照之90%以上，而高雄 140號與臺中在來1號則僅爲對照之50%以下。

在遮光對水稻結實率的影響方面， Wada *et al*. (1972) 發現減數分裂期施以75%遮光，Eiko品種的結實率顯著降低，尤以低溫情況下更爲明顯，但Toyohikari品種的反應甚小； Matsushima (1975) 則指出自抽穗以後的遮光處理才開始對結實率有明顯的降低効果，又以穀粒快速充實期處理的影響最大。本試驗在減數分裂期遮光，多數品種的結實率爲對照組之65—75% (Table 3)，降低幅度頗鉅，可能係因爲遮光程度極高 (80%)，嚴重降低抽穗前莖稈內之碳水化合物含量，抽穗後之光合物生成量不足供應穀粒充實之需 (Liu, 1979)。

減數分裂期日射量不足可顯著降低千粒重 (Table 3)，與 Matsushima (1975) 的結果相同，本試驗中千粒重之降幅約介於10～30%之間，亦與Matsushima之報告（約20%）相近；臺灣粳稻所受的影響高於臺灣秈稻，少數品種（如 Sesia 與 Prelude） 的降幅則在10%以下，顯示出明顯的品種間差異。由於減數分裂期是穎花發育的重要時期，不良環境因子可使穎花變小，因此即使抽穗後有充分的光合作用，千粒重仍可能降低，這也是減數分裂期遮光較穀粒快速充實期遮光更能影響千粒重的原因。

在穀粒產量方面，供試之15個本省品種皆未達對照之50%，其中以臺農61號 (46.2) %與嘉農242號 (45.5%) 最高，而高雄 140 號 (13.8%) 與臺

**Table 4.** Influence of shading treatment at meiosis stage on the yield and yield components of rice varieties (1st crop, 1980)

| Variety | Panicle No. per Hill | | No. of Spikelet per Panicle | | Percent of Seed-setting | | 1000-grain Weight (g) | | Yield (g/hill) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading |
| 1. Taipei No. 309 | 11 | 10 | 114 | 69(60.7) | 90.5 | 75.5(83.4) | 24.7 | 21.7(87.7) | 28.1 | 11.3(40.3) |
| 2. Taichung No. 65 | 11 | 7 | 126 | 94(74.8) | 93.9 | 71.2(75.8) | 25.5 | 20.7(81.2) | 33.1 | 9.7(29.4) |
| 3. Tainung No. 67 | 9 | 8 | 123 | 104(84.2) | 95.1 | 71.9(75.6) | 26.6 | 21.5(80.7) | 28.0 | 13.2(47.1) |
| 4. Kaohsiung No. 140 | 12 | 9 | 116 | 69(59.6) | 90.5 | 79.1(87.4) | 26.6 | 23.5(88.4) | 33.4 | 11.6(34.6) |
| 5. Toyonishiki | 11 | 8 | 92 | 58(62.5) | 92.2 | 81.7(88.6) | 25.1 | 21.2(84.8) | 23.4 | 8.6(36.6) |
| 6. Hsinchu-ai-chueh-chien | 15 | 15 | 113 | 76(67.2) | 80.0 | 59.9(74.9) | 25.5 | 21.7(85.1) | 33.1 | 13.5(40.8) |
| 7. Taichung Native No. 1 | 11 | 9 | 134 | 100(74.6) | 83.4 | 62.1(74.5) | 25.0 | 22.0(87.9) | 30.8 | 11.4(37.3) |
| 8. Taichung Sen No. 3 | 11 | 8 | 126 | 70(55.7) | 87.6 | 71.5(81.6) | 26.7 | 22.2(83.4) | 32.3 | 8.9(27.6) |
| 9. Taichung Sen No. 10 | 12 | 8 | 123 | 73(59.6) | 89.6 | 66.8(74.6) | 25.8 | 22.1(85.8) | 34.2 | 8.7(25.4) |
| 10. Kaohsiung Sen No. 2 | 11 | 9 | 121 | 63(52.0) | 91.2 | 75.9(83.2) | 25.5 | 20.7(81.4) | 31.0 | 12.3(39.6) |
| 11. Chianung Sen No. 11 | 14 | 12 | 98 | 61(62.0) | 94.1 | 62.7(66.6) | 24.7 | 20.7(83.9) | 31.8 | 11.6(36.6) |

[a]Numbers in parentheses are percentags relative to those of the check treatments.

中在來1號（21.7%）等最低，顯示減數分裂期低日射量對產量的嚴重影響（Table 3）。在一項類似的試驗中，Matsushima（1975）認爲一穗穎花數與千粒重的減少是產量降低的主要因子，本試驗則發現除穗數外，其他三項產量構成要素同具重要性；與對照組（100%）比較，減數分裂期受遮光處理的七個臺灣稉稻品種的平均一穗穎花數爲63.2%，結實率爲67.4%，千粒重爲70.8%，八個臺灣秈稻分別爲69.6%、69.2%與77.1%，八個日本品種分別爲71.6%、69.7%與77.1%，七個美國品種爲70.2%、70.9%與82.8%，顯示結實率對產量的影響可能猶在千粒重之上，與Matsushima的結果略異。

69年第一期作的產量資料示於Table 4，減數分裂期遮光處理使多數品種的穗數減少，與二期作（Table 3）及Matsushima（1975）的結果不同，而其原因亦未能明瞭。其他三個產量構成要素亦均受遮光影響，其中一穗穎花數之降低程度（11個品種之平均爲對照之64.8%）較二期作者爲大，結實率（對照組之78.8%）與千粒重（對照組之84.6%）的降低程度則較小，或爲期作性之反應差異。在穀粒產量方面，減數分裂期接受遮光處理使一期作稻產量降低60%以上，只有臺農67號仍維持對照組47%之產量，但一般而言，處理區一期作產量仍較二期作爲高。

第二期作臺農67號水稻於不同生長期接受10天80%的遮光處理後，各植株部位乾物重的經時變化資料列於Table 5，於遮光處理結束時，葉片與稈（含葉鞘）之乾重均明顯低於對照組，但隨稻之發育，此項差距可能逐漸縮小。移植後70日（約相當於抽穗）之結果（Table 5）顯示，未經處理之水稻每株稈重爲20.0g，51—60日遮光者爲18.7g，61—70日（孕穗）處理者爲12.9g，僅及對照組之65%。嘉農秈11號之表現相似，孕穗時行遮光處理

**Table 5.** Influence of shading at various growth periods on the dry weight of different plant fractions of developing rice plants (Tainung No. 67; 2nd crop, 1979)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Leaf blade | CK | 11.8 | 10.5 | 8.5 | 8.0 | 6.4 | 4.0 |
| | 21—30 | 10.4 | 9.2 | 7.9 | 7.1 | 4.6 | 4.6 |
| | 31—40 | 9.9 | 8.1 | 6.8 | 5.9 | 4.1 | 3.4 |
| | 41—50 | 8.1 | 8.0 | 7.6 | 6.6 | 4.9 | 3.5 |
| | 51—60 | | 8.5 | 9.1 | 7.7 | 5.5 | 5.6 |
| | 61—70 | | | 7.0 | 6.6 | 4.6 | 3.3 |
| | 71—80 | | | | 5.7 | 3.7 | 3.6 |
| | 81—90 | | | | | 4.3 | 4.0 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 11.9 | 18.2 | 20.0 | 20.3 | 13.6 | 7.9 |
| | 21—30 | 7.9 | 11.3 | 16.4 | 18.7 | 14.2 | 8.5 |
| | 31—40 | 8.4 | 12.8 | 17.1 | 18.2 | 13.4 | 9.1 |
| | 41—50 | 7.8 | 14.5 | 18.8 | 18.0 | 13.3 | 7.7 |
| | 51—60 | | 12.1 | 18.7 | 17.6 | 14.5 | 8.3 |
| | 61—70 | | | 12.9 | 15.5 | 11.1 | 10.1 |
| | 71—80 | | | | 16.1 | 10.8 | 11.3 |
| | 81—90 | | | | | 12.6 | 9.5 |
| Panicle | CK | | | 6.2 | 11.7 | 21.2 | 26.6 |
| | 21—30 | | | — | 3.8 | 10.5 | 21.5 |
| | 31—40 | | | 2.8 | 8.8 | 19.4 | 25.0 |
| | 41—50 | | | 4.3 | 8.7 | 16.6 | 24.9 |
| | 51—60 | | | 5.8 | 10.1 | 16.9 | 25.4 |
| | 61—70 | | | 5.4 | 10.4 | 16.2 | 22.1 |
| | 71—80 | | | | 11.2 | 17.7 | 24.5 |
| | 81—90 | | | | | 15.2 | 21.9 |

，至抽穗時稈部乾重爲對照之75%（資料未列出）。

Table 5 之資料同時顯示抽穗以後稈部乾重降低的程度以對照組最高，表示有多量的乾物質轉移至穗部，以供應穀粒充實的需要，而各期遮光處理或使乾物質生產不足，或使穎花發育不良，均可能導致產量降低，此項結論可由穗重資料獲得部份證明。有關抽穗前預貯於稈部物質對產量之貢獻與重要性，Cock and Yoshida (1972) 與本研究室以往的試驗 (Wei *et al.*, 1982；楊等，1983；魏與劉，1983) 均有詳細的報告。

於水稻不同生長期行遮光處理後，對稻株之生理有連續性的影響，Table 6 係臺農67號水稻各器官內全氮濃度的變化，抽穗前所行之遮光處理可導至葉片與稈部氮素濃度之升高，處理之時期越早，升高之程度越大；氮素濃度升高可能爲乾物重增加緩慢的直接結果，Tatsumi and Kono (1980) 曾報告對水稻地上部進行遮光會降低根部吸收氮素的速率。又上述氮素濃度上升現象隨水稻之發育而有所改變，至抽穗時處理組與對照組之結果已甚爲接近 (Table 6)；抽穗後之遮光處理對稈部氮素濃度不生影響，但可使葉片之氮濃度降低，對水稻後期生理活性當有不利作用。各時期遮光均有使穗部含氮濃度上升的趨勢，可能亦爲穗部充實較慢的結果。以嘉農秈11號爲材料進行相同試驗（資料未列出），發現在抽穗以前所行處理之表現與臺農67號相似，但抽穗以後之處理則相反，對葉片之氮濃度未產生影響，却使稈部濃度有升高的趨勢，推測可能爲向穗部的轉運受阻所致。

遮光對一期作臺農67號水稻器官內氮素濃度變

**Table 6.** Influence of shading at various growth periods on the nitrogen concentration (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plant (Tainung No. 67; 2nd crop, 1979)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplantng | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Leaf blade | CK | 2.50 | 2.56 | 2.08 | 2.28 | 1.60 | 1.54 |
| | 21—30 | 3.02 | 2.46 | 2.02 | 2.17 | 1.91 | 1.79 |
| | 31—40 | 3.02 | 2.41 | 1.99 | 2.02 | 1.77 | 1.77 |
| | 41—50 | 2.76 | 2.50 | 1.91 | 1.95 | 1.74 | 1.61 |
| | 51—60 | | 2.34 | 2.25 | 1.83 | 1.90 | 1.65 |
| | 61—70 | | | 2.14 | 1.93 | 1.55 | 1.71 |
| | 71—80 | | | | 1.85 | 1.37 | 1.70 |
| | 81—90 | | | | | 1.32 | 1.40 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 1.04 | 0.85 | 0.55 | 0.57 | 0.50 | 0.43 |
| | 21—30 | 1.20 | 0.95 | 0.54 | 0.61 | 0.44 | 0.40 |
| | 31—40 | 1.14 | 0.71 | 0.58 | 0.42 | 0.33 | 0.40 |
| | 41—50 | 1.52 | 0.85 | 0.57 | 0.48 | 0.40 | 0.38 |
| | 51—60 | | 1.29 | 0.68 | 0.72 | 0.48 | 0.39 |
| | 61—70 | | | 0.85 | 0.57 | 0.48 | 0.39 |
| | 71—80 | | | | 0.58 | 0.38 | 0.38 |
| | 81—90 | | | | | 0.43 | 0.46 |
| Panicle | CK | | | 1.12 | 1.17 | 1.00 | 0.93 |
| | 21—30 | | | — | 1.10 | 1.08 | 1.05 |
| | 31—40 | | | 1.23 | 1.11 | 1.01 | 1.16 |
| | 41—50 | | | 1.22 | 1.12 | 1.07 | 1.04 |
| | 51—60 | | | 1.42 | 1.20 | 1.04 | 1.23 |
| | 61—70 | | | 1.26 | 1.15 | 1.04 | 1.23 |
| | 71—80 | | | | 1.10 | 1.09 | 1.19 |
| | 81—90 | | | | | 1.14 | 1.22 |

**Table 7.** Influence of shading at various growth periods on the nitrogen concentration (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plant (Tainung No. 67 ; 1st crop, 1980)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| Leaf blade | CK | 2.51 | 2.18 | 1.78 | 1.28 | 1.31 | 1.19 |
| | 31—40 | 2.05 | 2.06 | 1.87 | 1.31 | 1.22 | 1.13 |
| | 41—50 | 1.78 | 1.80 | 1.61 | 1.09 | 1.04 | 1.34 |
| | 51—60 | 2.44 | 2.16 | 2.00 | 1.40 | 1.33 | 1.53 |
| | 61—70 | 2.23 | 2.38 | 1.84 | 1.39 | 1.29 | 1.10 |
| | 71—80 | | 2.05 | 1.83 | 1.38 | 1.42 | 1.32 |
| | 81—90 | | | 1.76 | 1.40 | 1.41 | 1.18 |
| | 91—100 | | | | 1.23 | 1.31 | 1.13 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 0.83 | 0.50 | 0.34 | 0.25 | 0.43 | 0.38 |
| | 31—40 | 0.65 | 0.50 | 0.40 | 0.29 | 0.35 | 0.39 |
| | 41—50 | 0.52 | 0.39 | 0.30 | 0.29 | 0.36 | 0.40 |
| | 51—60 | 0.86 | 0.47 | 0.32 | 0.37 | 0.36 | 0.36 |
| | 61—70 | 1.13 | 0.54 | 0.42 | 0.30 | 0.41 | 0.36 |
| | 71—80 | | 0.80 | 0.50 | 0.40 | 0.43 | 0.50 |
| | 81—90 | | | 0.47 | 0.29 | 0.42 | 0.45 |
| | 91—100 | | | | 0.35 | 0.38 | 0.51 |
| Panicle | CK | | 1.11 | 0.85 | 0.83 | 0.82 | 0.81 |
| | 31—40 | | 0.96 | 0.89 | 0.81 | 0.90 | 0.83 |
| | 41—50 | | 0.98 | 0.83 | 0.82 | 0.86 | 0.78 |
| | 51—60 | | 1.19 | 0.98 | 0.91 | 0.97 | 0.93 |
| | 61—70 | | 1.10 | 1.03 | 0.97 | 1.04 | 0.88 |
| | 71—80 | | — | 1.07 | 0.97 | 0.98 | 0.92 |
| | 81—90 | | | 1.12 | 1.02 | 1.05 | 1.00 |
| | 91—100 | | | | — | 1.03 | 1.16 |

化的影響較不明顯，趨向亦與二期作略有不同（Table 7）。抽穗以前之多次遮光處理可使葉片內氮素濃度稍降，至抽穗時之濃度則與對照相似，抽穗後反而較高，係受穗部充實不良的影響。抽穗以後行遮光處理對葉片氮素濃度之效果則較不顯著。稈部之結果顯示，抽穗前後之處理均可造成氮素濃度上升，此亦爲遮光不利於乾物質累積與降低產量，導致稈部積存較多之氮素。至於嘉農秈11號之反應，葉片氮素濃度之表現較不一致，早期（移植後70日以前）之處理有提高濃度之效果，其後則影響較不顯著；稈部與穗部氮濃度因遮光處理而略有升高，但升幅不及臺農67號（資料未列出）。綜合各項結果，顯示日射量對水稻氮素吸收、累積、分佈及代謝作用的影響均極複雜，品種間與期作間亦可能有極大的不同。

非構造性碳水化合物爲供應植物生長與分化所需的最主要能量來源，其濃度之變化與分佈對水稻之生理極具重要性（陳與劉，1979）。供試之兩品種栽培於68年第二期作，葉片內之非構造性碳水化合物濃度均在10%以下，一般而言，以抽穗時之濃度較高，隨即下降，但在抽穗後 20 日左右再度上升，收穫時之濃度最低（Table 8，嘉農秈11號之資料均未列出）。抽穗前之遮光處理似亦能導致臺農67號葉片內碳水化合物濃度的上升，抽穗後之處理結果則相反；對嘉農秈11號而言，多數處理均有使葉片內碳水化合物濃度下降的效果。葉片內非構造性碳水化合物濃度與葉片光合作用能力及其他生理活性間之關係如何，迄無定論， Thorne and Koller（1974）認爲大豆葉片內澱粉濃度與淨光合速率及同化物轉流速率呈負相關，但蔗糖濃度則否；Silvius *et al.*（1978）則未能發現葉片澱粉濃度與光合成作用速率間的任何相關。在遮光處理方面

，Matsushima (1975) 指出遮光結束後，水稻葉片光合作用速率急劇上升，活性並較對照組爲高，但亦未能配合碳水化合物資料對兩者之間的關係予以說明。

莖稈部位非構造性碳水化合物濃度受遮光的影響最爲顯著 (Table 8) ，移植後50日 (臺農67號) 或60日 (嘉農秈11號) 以前的遮光處理雖可使碳水化合物含量大幅減少，但濃度的回復亦快，至抽穗時已無差異；此一階段行處理之稻株，莖稈內碳水化合物於抽穗後向穗部轉流之速度較對照組爲慢，可能係抽穗期延後或穎花發育不良所致。至於抽穗以後所行之遮光處理，急劇而明顯的減少莖稈內碳水化合物的累積，而且處理結束後亦少有回升的跡象，以臺農67號爲例，抽穗日開始遮光處理10日後，濃度僅爲6.01%，對照組則爲25.38% (Table 8) ，嘉農秈11號之數值分別爲14.74% 與 31.35% ；於試驗結束時 (移植後 100日) ，可發現臺農67號早期處理之植株莖稈內碳水化合物濃度與對照組

**Table 8.** Influence of shading at various growth periods on the concentration of total nonstructural carbohydrates (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plants (Tainung No. 67 ; 2nd crop, 1980)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Leaf blade | CK | 6.12 | 6.70 | 7.84 | 4.39 | 6.74 | 3.08 |
| | 21—30 | 7.15 | 7.58 | 8.63 | 5.46 | 7.62 | 2.70 |
| | 31—40 | 6.23 | 6.27 | 7.36 | 5.66 | 7.23 | 2.83 |
| | 41—50 | 8.78 | 6.71 | 7.97 | 5.41 | 6.32 | 4.23 |
| | 51—60 | | 6.29 | 9.37 | 6.25 | 7.55 | 3.26 |
| | 61—70 | | | 9.25 | 4.63 | 7.60 | 3.51 |
| | 71—80 | | | | 2.45 | 6.53 | 2.72 |
| | 81—90 | | | | | 4.25 | 3.51 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 16.41 | 16.07 | 33.06 | 25.38 | 4.59 | 7.53 |
| | 21—30 | 16.03 | 19.19 | 32.21 | 26.48 | 30.98 | 5.46 |
| | 31—40 | 16.66 | 24.12 | 32.38 | 26.68 | 11.20 | 8.55 |
| | 41—50 | 6.63 | 22.44 | 32.00 | 26.69 | 21.63 | 9.87 |
| | 51—60 | | 5.86 | 25.11 | 21.09 | 20.28 | 13.17 |
| | 61—70 | | | 10.79 | 11.46 | 8.89 | 15.98 |
| | 71—80 | | | | 6.01 | 3.48 | 2.17 |
| | 81—90 | | | | | 1.54 | 3.23 |
| Panicle | CK | | | 23.10 | 38.58 | 54.20 | 58.07 |
| | 21—30 | | | — | 6.29 | 37.83 | 49.12 |
| | 31—40 | | | 8.57 | 17.68 | 35.74 | 51.91 |
| | 41—50 | | | 17.22 | 33.27 | 41.44 | 55.82 |
| | 51—60 | | | 24.05 | 39.12 | 57.87 | 56.42 |
| | 61—70 | | | 19.89 | 37.86 | 49.03 | 59.36 |
| | 71—80 | | | | 31.89 | 43.49 | 44.10 |
| | 81—90 | | | | | 48.59 | 47.53 |

相近，但低於減數分裂至抽穗期之處理而高於抽穗後之處理；嘉農秈11號則顯示抽穗前各處理均高於對照，亦即不完全的轉流，抽穗後的處理均顯著低於對照，亦即光合成物質生產之不足。

68年第二期作臺農67號水稻穗部碳水化合物濃度之變化示於 Table 8。如以收穫時之數值比較，臺農67號於移植後50天以前之遮光處理，穗部濃度均低於對照組，可能與抽穗期之早晚有關；抽穗後之處理則濃度更低，受碳水化合物之供應量影響很大。嘉農秈11號之表現亦相類似。

69年第一期作水稻碳水化合物濃度變化之資料顯示，莖稈部位係於孕穗至抽穗期到達高峰，抽穗

後隨即下降，但變化之趨向與幅度亦受遮光時期的影響（Table 9）。對臺農67號水稻而言，移植後60日以前的處理對抽穗時莖稈內碳水化合物濃度的影響不大，介於28—32%之間，抽穗後60—70日行遮光處理，可使濃度遽降至8.24%，但10日後回升至 26.35%，略低於較早期的處理；抽穗以後碳水化合物有繼續上升的趨向，移植後100日時爲34.17%，110日時爲36.95%，120日時爲29.39%（同時期之對照處理分別爲7.59%，11.62%與12.19%），可能顯示較少的轉流，推測與此一時期（減數分裂至孕穗）遮光而減低結實率有關，至於移植後70日以後的各項處理，均使稈部碳水化合物濃度降低，在稈部累積的現象亦不明顯（Table 9）。

嘉農秈11號稈部碳水化合物濃度變化之趨勢雖與臺農67號相似，但抽穗時各處理碳水化合物的濃度顯著較臺農67號爲高，似爲秈稻的特徵（Wei *et al.*, 1982）；且移植後 70—90日之間的處理未能表現碳水化合物濃度的立即明顯下降，原因尚待檢討。與臺農67號相同者爲減數分裂至抽穗期之間（移植後60—80日）之處理會導至碳水化合物在稈部有較長時間與較高濃度的累積（資料未列出）。

第一期作水稻穗部碳水化合物增加的過程亦可表示不同時期遮光對水稻生理所造成的影響，且兩品種的表現類似。大致而言，移植後60日以前施行之各次遮光處理對穗部碳水化合物增加的速度或有影響，但最終的濃度則相同或差異較小，不致明顯降低單一分蘖的產量。減數分裂期以至於乳熟期之間，則低日射量可顯著影響穀粒之充實與最後產量（Table 9）。

Table 10 爲臺農67號水稻在68年第二期作接受遮光處理後磷素濃度的變化資料，由表中可知，遮光對葉片磷濃度的影響不大，抽穗以前介於0.18—0.23%之間，較 Chen *et al.* (1980) 之數值稍低，Chen *et al.* 亦報告生育期間葉片磷濃度變化很大，且無一定趨勢。遮光可造成稈部累積多量磷素（Table 10），抽穗後有相當幅度的降低，可能爲轉流作用的結果，Epstein (1972) 說明磷爲碳水化合物代謝作用所必須，Chen *et al.* (1980) 指出水稻抽穗前稈部磷與碳水化合物濃度均顯著升高，並認爲與碳水化合物之累積與轉換（interco-

**Table 9.** Influence of shading at various growth periods on the concentration of total nonstructural carbohydrates (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plants (Tainung No. 67 ; 1st crop, 1979)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 23.94 | 28.08 | 14.30 | 7.59 | 11.62 | 12.19 |
| | 31—40 | 25.44 | 29.52 | 28.04 | 18.00 | 8.76 | 12.27 |
| | 41—50 | 29.05 | 32.48 | 25.45 | 15.86 | 11.70 | 13.16 |
| | 51—60 | 20.42 | 28.72 | 24.17 | 13.91 | 17.45 | 16.92 |
| | 61—70 | 8.24 | 26.35 | 21.33 | 34.17 | 36.95 | 29.39 |
| | 71—80 | | 4.80 | 5.29 | 9.25 | 18.44 | 15.21 |
| | 81—90 | | | 4.51 | 7.35 | 9.93 | 11.15 |
| | 91—100 | | | | 5.03 | 19.08 | 4.23 |
| Panicle | CK | | 19.68 | 46.19 | 59.89 | 61.36 | 60.78 |
| | 31—40 | | — | 19.49 | 52.69 | 60.70 | 59.12 |
| | 41—50 | | 6.34 | 38.57 | 57.72 | 58.08 | 60.34 |
| | 51—60 | | 10.29 | 39.61 | 60.13 | 60.43 | 62.09 |
| | 61—70 | | 15.25 | 30.88 | 43.45 | 51.88 | 52.49 |
| | 71—80 | | 11.66 | 36.27 | 55.93 | 56.55 | 54.26 |
| | 81—90 | | | 35.16 | 47.10 | 58.63 | 57.03 |
| | 91—100 | | | | 45.05 | 49.06 | 52.97 |

nversion）有關，本試驗則發現遮光處理結束後，稈部磷濃度升高，但非構造性碳水化合物濃度下降（Table 8），顯然兩者之間的關係並不單純，推測磷濃度上升可能表示根部吸收磷的能力並未顯著受阻，也可能爲乾物質降低與轉運不良的結果。

Table 10. Influence of shading at various growth periods on the phosphorus concentration (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plants (Tainung No. 67; 2nd crop, 1979)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 0.216 | 0.190 | 0.165 | 0.176 | 0.113 |
| | 21—30 | 0.236 | 0.217 | 0.173 | 0.202 | 0.150 |
| | 1—40 | 0.196 | 0.182 | 0.175 | 0.188 | 0.142 |
| | 41—50 | 0.200 | 0.184 | 0.169 | 0.161 | 0.132 |
| | 51—60 | | 0.209 | 0.183 | 0.161 | 0.136 |
| | 61—70 | | | 0.177 | 0.166 | 0.125 |
| | 71—80 | | | | 0.155 | 0.121 |
| | 81—90 | | | | | 0.107 |
| Panicle | CK | 0.257 | 0.254 | 0.180 | 0.189 | 0.079 |
| | 21—30 | 0.292 | 0.277 | 0.225 | 0.220 | 0.176 |
| | 31—40 | 0.239 | 0.248 | 0.224 | 0.202 | 0.148 |
| | 41—50 | 0.348 | 0.225 | 0.182 | 0.152 | 0.128 |
| | 51—60 | | 0.320 | 0.199 | 0.201 | 0.090 |
| | 61—70 | | | 0.327 | 0.210 | 0.116 |
| | 71—80 | | | | 0.221 | 0.116 |
| | 81—90 | | | | | 0.093 |

鉀濃度變化的資料列於 Table 11，試驗結果顯示，任何生長時期進行遮光處理，均使葉片鉀濃度降低，隨稻株之發育，又漸與對照組相近；反之，遮光使稈部鉀濃度大幅上升，尤以處理結束後立即分析之結果最爲顯著；接近成熟期（抽穗後90日）水稻稈內鉀濃度以對照組最高(2.42%)，抽穗以後施以遮光處理者最低（1.31—1.49%），顯示轉流至穗部之鉀量並不與產量有正相關；鉀對澱粉之分解及各種物質之轉流極爲必要(Epstein, 1972), Chen *et al.* (1980) 發現臺北地區一期作水稻鉀濃度顯著高於二期作，並認爲與碳水化合物之代謝與再分佈有關，有助於抽穗前後穗之發育與充實；本試驗之結果則建議可能有一臨界濃度存在。

Table 11. Influence of shading at varous growth periods on the potassium concentration (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plants (Tainung No. 67 ; 2nd crop, 1979)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| Leaf blade | CK | 2.44 | 1.85 | 1.85 | 1.82 | 1.35 |
| | 21—30 | 2.42 | 1.95 | 1.92 | 1.94 | 1.53 |
| | 31—40 | 2.38 | 1.98 | 1.88 | 1.86 | 1.40 |
| | 41—50 | 1.96 | 1.90 | 1.98 | 1.88 | 1.49 |
| | 51—60 | | 1.69 | 1.75 | 1.58 | 1.46 |
| | 61—70 | | | 1.43 | 1.45 | 1.09 |
| | 71—80 | | | | 1.70 | 1.09 |
| | 81—90 | | | | | 1.21 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 2.42 | 2.22 | 1.44 | 1.74 | 2.42 |
| | 21—30 | 2.62 | 2.28 | 1.67 | 1.64 | 1.49 |
| | 31—40 | 2.86 | 2.29 | 1.64 | 1.52 | 1.31 |
| | 41—50 | 3.75 | 2.47 | 1.41 | 1.49 | 1.40 |
| | 51—60 | | 2.74 | 2.07 | 1.83 | 1.42 |
| | 61—70 | | | 2.54 | 1.90 | 2.14 |
| | 71—80 | | | | 2.34 | 2.16 |
| | 81—90 | | | | | 2.17 |

## 引用文獻


1. 陳建山、劉大江。 1979。溫度對水稻分蘗特性與成熟生理之影響。中華農業研究28：199—206。
2. 陳明義、陳清義。 1980。臺灣中南部稻田微氣象之研究。 中華民國農學團體69年度聯合年會特刊，第95—105頁。
3. 楊藹華、梁文實、魏夢麗、劉大江。 1983。二期作水稻光合成物質的生產、 分配及與產量間的關係。中華農業研究32：209—218。
4. 蔡金川。 1978。水稻生育各期溫度及遮光對產量及其構成因素之影響。科學農業26：194—201。
5. 魏夢麗、劉大江。 1983。期作間水稻光合成物質生產，分配及產量之比較。 中華農業研究32： 303—311。
6. Association of Official Agricultural Chemists. 1970. Official methods of analysis (11th ed.). Method 3.060. The Association : Washington, D. C.
7. Chen, C. S., D. D. Huang, M. C. Shen and D. J. Liu. 1980. Carbohydrate, N, P and K status of developing rice (*Oryza sativa* L. ) plants grown in the first and second crop seasons in Taiwan. J. Agri. Res. China 29 : 81-92.
8. Cock, J. H. and S. Yoshida. 1972. Accumulation of 14-C labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41 : 226-234.
9. Epstein, E. 1972. Mineral nutrition of plants :

nts : principles and perspectives. John Wiley & Sons, Inc., New York.

10. Liu, D. J. 1979. Influence of temperature at various growth stages on the accumulation and translocation of carbohydrates in rice plant. *In* The cause of low yield of the second crop rice in Taiwan and the measures for improvement (S. C. Hsien and D. J. Liu ed.). Natl. Sci. Council, R. O. C.

11. Matsushima, S. 1975. Crop science in rice. pp. 9, 113, 115, 117, 193-201, 203, 256, 257, 263, 268, 286. Fuji Publishing Co., Ltd. Tokyo, Japan.

12. Silvius, J. E., D. F. Kramer and D. R. Lee. 1978. Carbon assimilation and translocation in soybean leaves at different stages of development. Plant Physiol. 62 : 54-58.

13. Smith, D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agri. Exp. Sta. Res. Rep. 41, 11p.

14. Tatsumi, J. and Y. Kono. 1980. Effects of shading on respiration and ammonium uptake of rice roots. Japan J. Crop Sci. 49 : 63-74.

15. Thorne, J. H. and H. R. Koller. 1974. Influence of assimilate demand, translocation and carbohydrate levels of soybean leaves. Plant Physiol. 54 : 201-207.

16. Wada, S., Y. Kuniniro and A. Honma. 1972. Effect of some environmental factors during meiosis stage on the fertility of grains in rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41 : 340-347.

17. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1982. Physiological studies of rice tillers. I. Partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates during grain-filling. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC (A) 6 : 190-196.

# Effect of Shading on the Heading Date, Nutrient Concentrations, Dry Matter Production and Yield of Rice Varieties*

J. C. Tsai, M. C. Shen, C. S. Chen** and D. J. Liu

*Department of Agronomy*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Wufeng, Taichung, Taiwan 431*
*Republic of China*

## Summary

Eighty percent of shadiag for 10 days was performed at successive growth stages of 45 varieties of rice. Heading date, yield and components were investigated. The influence of shading on dry matter production and the concentrations of several major nutrients were also analyzed.

Shading had a definite effect in delaying the heading date of all varieties. The effect was more prominent for *japonica* varieties or when treatments were executed at early growth stages. Grain yield was severely reduced by shading especially at meiosis stage and rapid grain-filling period. Results showed that number of spikelet per panicle, percent of seed-setting and 1,000-grain-weight were the components responsible for the low grain yield. Although varietal difference existed, shading reduced the yield of 15 Taiwan varieties by 50% or more when compared to the untreated check, suggesting the importance of solar radiation to the normal growth and development of rice plants.

Dry weight per plant was also affected by shading. When treated at the booting stage, culm dry weight was only 65% (*japonica* rice) or 75% (*indica* rice) of that of the check plants. For the second crop rice, shading before the the commencement of heading increased N concentration which indicated that the treatment had a more pronounced effect on photosynthesis than on N uptake. The effect was less significant when shading was performed after heading or in the first crop season.

Shading at early growth stages also reduced TNC concentrations in the rice plants. However, the concentrations recovered to that of the check when plants approached heading. Treatments about 20 days before or after heading significantly decreased TNC concentrations in the culm and the subsequent recovery was less obvious. Low solar radiation at meiosis stage could also reduce the contribution of pre-heading storage to the grain yield.

Potassium concentrations decreased in the leaf blade but increased in the culm for shading treatment performed at any stage of rice development. Shading had little effect on the P concentrations in the leaf blade. However, accumulation of P in the culm was observed. Results suggested that shading could affect the physiological activities of leaf blade and the interconversion and translocation of carbohydrates through altering the mineral nutrition of the rice plants.

---

* Supported by a grant 1968—4.1—(80 from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

**Present Address: Bureau of Agriculture, Ministry of Economics, Taipei, Taiwan, R. O. C.

# 水稻光合作用及呼吸作用之研究*

楊　居　成

國立中興大學植物學系

## 摘　要

本試驗以臺南5號及臺中秈3號爲材料，於三個年度期間，利用生長分析法及氣體交換法來探討臺中地區第一、二期作，最大分蘗期後之生育形態、光合成因子、光合作用、暗吸呼作用、光呼吸作用及個體群乾物質等項目之變化，以及其與收穫組成要素的關係，結果如下：㈠兩稻種乾物重之變化相似；年度間之變化大於期作間之變化。㈡第二期作稻谷產量低於第一期作約25%，可能由於二期作自孕穗期後之低淨光合率及高暗呼吸作用，有效同化物輸送至谷粒量減少，導致最後產量構成要素不良；如穗數、結實粒數、結實粒重、總粒重、結實百分率及總乾重等項目的低落。

## 前　言

本省水稻的產量，第二期作單位面積約低於一期作15%至25%。綜合各專家所見，係由下列生長環境因子的影響所致（5）：（一）氣溫（影響）：在第一期作時之氣溫，是由低漸高；反之，二期作時之氣溫，則由高漸低(陳與陳，1980)。二期作抽穗前之高溫，足以加速光合成系之衰敗，而生殖期後之低溫易使稻根之活力退化加快（賴與侯，1976），轉流量大減（朱等，1980；林 1981；Wei et al, 1982），造成稔實粒充實率的低落（林與戴，1976）影響稻作之收穫量（鄔等，1975）。(二)日照强度及光期長短影響：一期作在抽穗期後，適值强日照及長日，其葉面積指數達最大，光合作用能力大增，轉流量亦大，收穫量逐提高；二期作在抽穗期後，短日照及低光度，使葉面積指數急速降低，光合成系又衰敗，於是光合作用能力大減（林與蘇，1976；楊1981），收穫量低，是必然之趨勢，且二期作日間之光合作用升高時間比一期作要遲，而其光合作用降至最低之時間，又早於一期作，此皆促使二期作收穫量減少。

環境因子影響水稻生理的改變，在比較一期作和二期作之葉綠素含量方面，可知二期作往往低於一期作，而葉身中含鉀量，二期作也低於一期作（謝1978），此皆足以促使葉部同化能力減低。同化能力低，淨光合率低落，影響生物產量甚鉅。爲了提高一、二期作稻之產量，可由提高生物產量及收穫指數二方面著手（吳等，1976 Gifford and Evans, 1981；Yoshida, 1972）。生物產量最直接的表現，在於淨光合率之高低，可利用長時間的生長分析法，對其做進一步的研究探討（Hesketh and Jones, 1980；Jariis and Catsky, 1971）。另外亦可利用氣體交換率，測出水稻瞬間及連續性之光合率及呼吸率，以推算淨光合率之大小（林與蘇，1976；楊，1981；Zelitch, 1981）。本試驗使用兩種水稻品種，連續進行三年試驗，利用生長分析法及氣體交換法來探討兩期作稻之生長及發育情形，以及其與谷產量的關係。

## 材料與方法

於國立中興大學臺中校園農場栽培臺南五號及臺中秈三號。行株間距各爲 25cm（每平方公尺單

*行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產—080（2—10）、70 農建—5.1—產—06（2—10）與71農建4.1—產—47（2—12）。

位土地面積內種植16株水稻）。自民國68年7月第二期作至70年6月第一期作止，共分爲68、69、70等三年度一、二期作稻。水稻生長期間第一期爲130天，第二期爲115天。試驗田之管理，同於一般之施肥處理及湛水灌溉方法。收穫前12週，每週取樣一次，共計12次。取樣方法爲每次自一小區（計三小區）取三株爲樣品。

（A）鮮重及乾重之測定：

三稻欉採收後，用衛生紙擦淨，樣品分成葉、稈、穗等部分。用葉面積測定儀測定葉之面積。秤量鮮重後以 80°C 過夜烘乾，再秤取各部位之乾重。

（B）生長分析：

將（A）項所測定之資料進行生長分析(Jaris and Catsky, 1971)，包括：葉面積指數(Leaf area index, LAI），平均葉面積指數（Mean leaf avea index, mean LAI)，葉面積比（Leaf area ratio, LAR), 相對生長率（Relative growth rate, RGR), 淨同化率（Net assimination rate, NAR)，作物生長率（Crop growth rate, CGR），乾物重比（Dry weight ratio, DWR），葉面積持久性（Leaf area duration, LAD）及生物質持久性（Biomass durlation, BMD）。

（C）整欉水稻光合率、呼吸率及光呼吸率之測定：

（1）室內：將欲測之水稻每週定時移置於植物生長箱內過夜，使水稻適應新環境後再行試驗。將欲測之水稻置於透明壓克力製的圓筒（25×110 cm）之同化箱內，用開放穩流式法行之（9）。測定時之環境：①呼吸率爲氣溫 25°C，相對濕度60%，空氣流速 5～15/l/min）。②光合率除同於呼吸率者，再加上 500uE/m²/sec 之光度。③光呼吸率之測定條件同於光合率，比較氣流內不含 $CO_2$ 及含 $CO_2$ 之光合率。

（2）室外：於田間自然環境下，利用上述方法一天24小時連續測定每區之整欉水稻日間光合率及夜間之呼吸率變化情形，並用光度測定儀測定當日之光照强度。

（D）葉片葉綠素含量之測定：

將整欉之稻葉採下，切成小塊，充分摻混，取其中 5g 鮮重之葉片，用80%丙酮抽取葉綠素，用光譜儀測定溶液中葉綠素之含量。

（E）產量及其組成因素：

每一小區（計三小區）收穫16欉稻（相當於每平方公尺土地面積所栽植之水稻數目）。谷粒經烘乾後，篩選谷粒充實者，然後測定其含水量，乾重均以13%含水量爲計算之標準。

## 結果與討論

（A）農藝性狀

臺南5號（TN）及臺中秈3號（TC）兩品種其三個不同年度第一、二期作各器官重量之分佈變化如表1及表2所示，此資料包括葉重、稈重、全株重及葉面積等項目。根據這些數値，包括三個年度（未列出）及其平均之資料，將水稻生長期分爲：收穫前11至10週爲分蘖期（A），9至8週爲孕穗期（B），7至6週爲抽穗期（C），5至4週爲成熟前期（D），3週至收穫爲成熟期（E）。兩品種68、69、70年度（68年7月至70年6月期間）株高之變化，如圖1所示：①臺南五號一期作（TN-1）收穫前10、7、6週株高相似，且爲三個年度之變向點，即70年度之TN-1株高以10週前爲最低，9及8週前反而爲最高，最後D及E期又變爲最低（圖1A）。②臺南五號二期作（TNⅡ）株高以70年度之A期爲最低；反之，D及E期則變爲最高（圖1B）。在B及C期中，三年度之株高相似。③臺中秈三號一、二期作（TC-Ⅰ及TC-Ⅱ）株高生長期之變化與 TN-Ⅰ 及 TN-Ⅱ 相類似（圖1C—D）。若將兩稻種之株高按一、二期作之分，再將三年度之數値加以平均，來比較不同期作株高之變化，如圖2所示①除C期外，其他四個生長期 TN-Ⅱ 均高於 TN-Ⅰ（圖2A）。②TCⅡ均高於 TC-Ⅰ（圖2B）。年度間 TN-Ⅱ 及 TC-Ⅱ之各產量與成熟期株高成反比（圖1）同樣地，年度平均株高一期作均低於二期作（圖2）株高太長，使株型改變，受光之效率減低，不利於光合作用之進行。兩稻種三個年度間分蘖數之變化如圖3所示：① TN-Ⅰ, TN-Ⅱ, TC-Ⅰ，及 TC-Ⅱ均以69年度分蘖數爲最大，其次爲68年度，70年度最小。②每一圖中所示之三條分蘖數曲線均無交點，表示最大分蘖期（A期），所能得到之分蘖數即決定水稻之穗數。③ TN-Ⅱ 分蘖數頗爲穩定，

**表1.** 臺南5號及臺中秈3號葉、稈、穗、全株乾重及葉面積三年平均值之季節變化

| 器官 | 稻種 | 期別＼週數 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 葉重（克／株） | 臺南五號 | I | 4.8 | 6.6 | 8.6 | 10.5 | 12.4 | 13.1 | 12.8 | 12.0 | 10.4 | 9.5 | 8.5 | 8.5 |
| | | II | 2.8 | 5.3 | 8.2 | 10.0 | 11.6 | 11.5 | 11.0 | 9.5 | 8.8 | 8.5 | 7.9 | 7.8 |
| | 臺中秈三號 | I | 6.5 | 7.6 | 8.9 | 11.1 | 13.4 | 14.8 | 15.0 | 14.3 | 12.8 | 11.6 | 10.7 | 10.0 |
| | | II | 5.9 | 7.5 | 10.1 | 12.3 | 14.3 | 14.5 | 14.3 | 13.0 | 10.9 | 9.1 | 7.8 | 6.8 |
| 稈重（克／株） | 臺南五號 | I | 6.7 | 9.2 | 11.0 | 17.8 | 25.4 | 29.7 | 32.7 | 30.6 | 26.9 | 24.9 | 24.0 | 24.5 |
| | | II | 2.6 | 7.6 | 13.8 | 21.5 | 26.0 | 26.2 | 28.3 | 26.1 | 25.6 | 23.4 | 23.3 | 22.6 |
| | 臺中秈三號 | I | 7.1 | 9.0 | 13.0 | 17.6 | 23.8 | 26.1 | 27.2 | 25.0 | 21.2 | 20.3 | 20.1 | 19.8 |
| | | II | 5.2 | 9.0 | 14.4 | 23.2 | 25.9 | 32.5 | 33.3 | 30.0 | 25.0 | 21.4 | 20.0 | 19.5 |
| 穗重（克／株） | 臺南五號 | I | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.7 | 4.7 | 8.6 | 18.6 | 28.6 | 31.8 | 33.5 | 35.3 |
| | | II | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 4.0 | 7.0 | 14.4 | 22.2 | 27.4 | 28.9 | 29.1 |
| | 臺中秈三號 | I | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.3 | 5.7 | 10.9 | 18.8 | 28.7 | 36.0 | 41.4 | 42.7 |
| | | II | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.8 | 4.4 | 9.5 | 18.3 | 29.4 | 34.2 | 35.2 | 35.1 |
| 全株重（克） | 臺南五號 | I | 11.5 | 15.8 | 19.6 | 28.2 | 39.4 | 46.8 | 53.3 | 59.5 | 64.8 | 66.3 | 67.7 | 69.[illegible] |
| | | II | 5.4 | 12.8 | 21.9 | 31.6 | 39.0 | 44.2 | 48.5 | 52.1 | 56.6 | 59.1 | 60.0 | 59.5 |
| | 臺中秈三號 | I | 13.6 | 16.7 | 21.9 | 28.6 | 38.2 | 46.5 | 53.1 | 58.9 | 63.7 | 68.2 | 71.8 | 71.8 |
| | | II | 11. | 16.5 | 24.5 | 35.6 | 45.2 | 51.4 | 57.4 | 61.3 | 65.2 | 65.2 | 64.3 | 63.4 |
| 葉面積（平方公分／株） | 臺南五號 | I | 951 | 1,298 | 1,756 | 2,117 | 2,320 | 2,535 | 2,465 | 2,224 | 1,881 | 1,433 | 1,243 | 1,173 |
| | | II | 625 | 1,185 | 1,625 | 2,008 | 2,349 | 2,626 | 2,782 | 2,560 | 1,928 | 1,510 | 1,255 | 1,137 |
| | 臺中秈三號 | I | 1,290 | 1,699 | 2,206 | 2,585 | 2,869 | 2,972 | 2,906 | 2,688 | 2,329 | 1,902 | 1,657 | 1,538 |
| | | II | 1,438 | 1,759 | 2,355 | 2,884 | 3,371 | 3,420 | 3,338 | 2,910 | 2,331 | 1,896 | 1,579 | 1,430 |

**表2.** 臺南5號及臺中秈3號乾物重比三年平均值之季節變化

| 器官 | 稻重 | 期別＼週數 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 葉 | 臺南五號 | I | 0.41 | 0.42 | 0.44 | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | 0.20 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.12 |
| | | II | 0.52 | 0.43 | 0.38 | 0.33 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.18 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.13 |
| | 臺中秈三號 | I | 0.47 | 0.45 | 0.41 | 0.39 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.24 | 0.20 | 0.16 | 0.14 | 0.13 |
| | | II | 0.54 | 0.47 | 0.43 | 0.36 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.21 | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.07 |
| 稈 | 臺南五號 | I | 0.59 | 0.58 | 0.56 | 0.63 | 0.64 | 0.62 | 0.60 | 0.46 | 0.41 | 0.38 | 0.38 | 0.36 |
| | | II | 0.48 | 0.57 | 0.62 | 0.67 | 0.66 | 0.65 | 0.63 | 0.55 | 0.46 | 0.39 | 0.39 | 0.38 |
| | 臺中秈三號 | I | 0.53 | 0.52 | 0.59 | 0.61 | 0.62 | 0.56 | 0.52 | 0.45 | 0.36 | 0.31 | 0.28 | 0.28 |
| | | II | 0.47 | 0.53 | 0.57 | 0.64 | 0.63 | 0.63 | 0.58 | 0.49 | 0.38 | 0.33 | 0.33 | 0.34 |
| 穗 | 臺南五號 | I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.05 | 0.10 | 0.16 | 0.31 | 0.44 | 0.48 | 0.50 | 0.52 |
| | | II | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.04 | 0.09 | 0.14 | 0.27 | 0.39 | 0.46 | 0.48 | 0.49 |
| | 臺中秈三號 | I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.03 | 0.12 | 0.20 | 0.32 | 0.45 | 0.53 | 0.58 | 0.59 |
| | | II | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.04 | 0.09 | 0.17 | 0.30 | 0.45 | 0.53 | 0.55 | 0.56 |

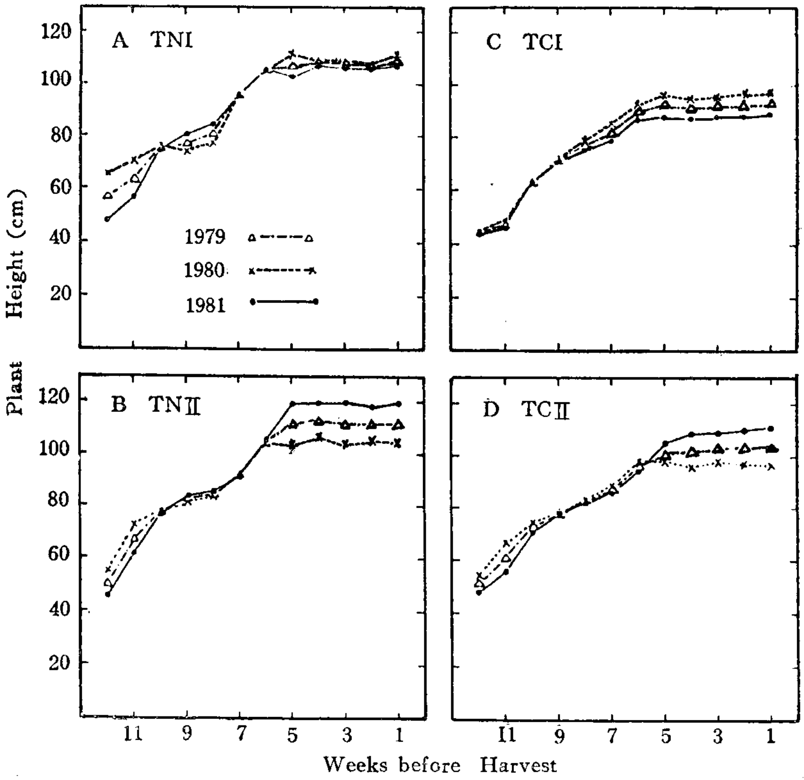



圖1. 水稻株高之年度變化

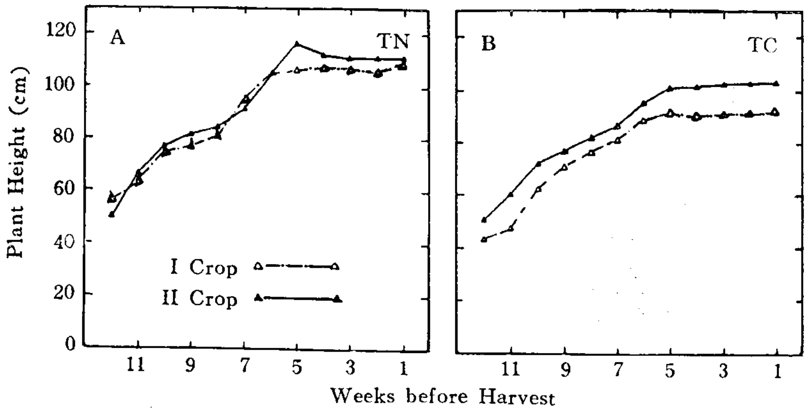



圖2. 第一、二期作稻年度平均株高之變化

約爲16；反之，TC-Ⅰ及TC-Ⅱ之分蘗數，A期大於E期約爲40%，若將兩稻種一、二期之分蘗數做一比較，則如圖4所示：①TN-Ⅰ大於TN-Ⅱ（圖4A）。②除A期相似外，TC-Ⅰ小於TC-Ⅱ（圖4B）。表示兩稻種年度間及其一、二期作平均值之最後有效分蘗數（即每欉穗數），三年平均每欉穗數分別爲TN-Ⅰ 18, TN-Ⅱ 14, TC-Ⅰ 18及TC-Ⅱ 13等，即TN-Ⅰ大於TN-Ⅱ 22%, TC-Ⅰ大於TC-Ⅱ 26%。TC-Ⅱ 分蘗數雖高於TC-Ⅰ（圖4B），但有效分蘗數（每欉穗數

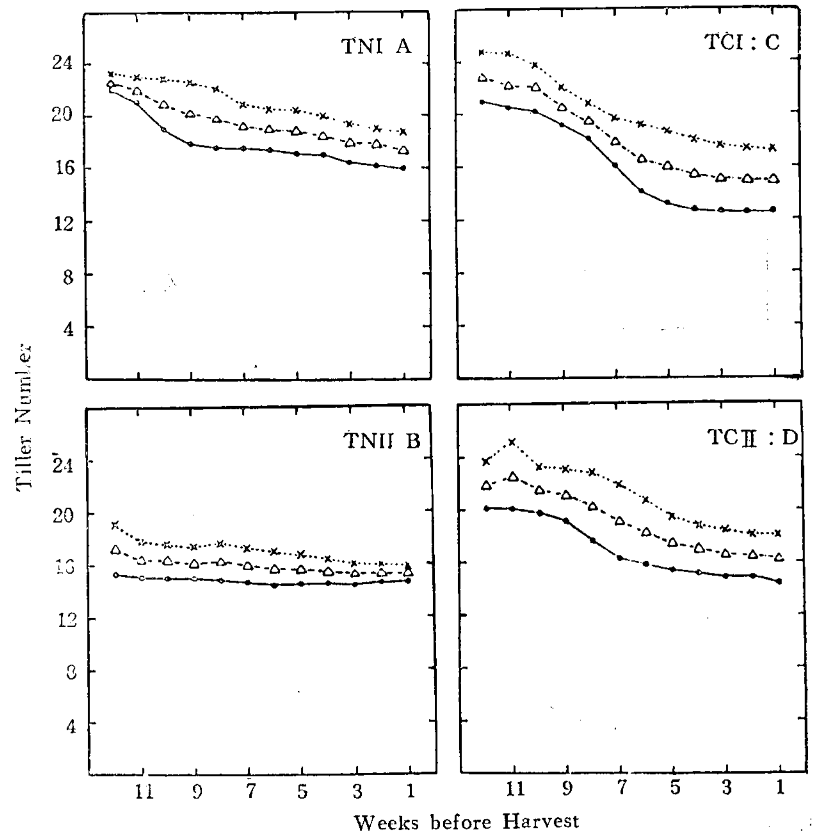



圖3. 水稻分蘗數之年度變化。圖內符號如圖1所示。

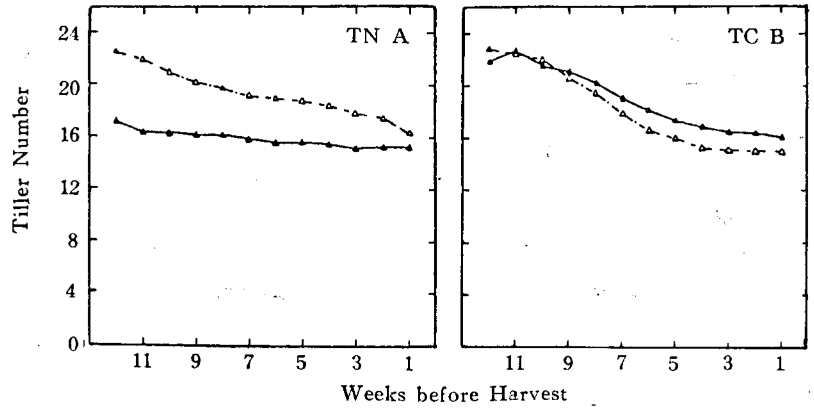



圖4. 第一、二期作稻年度平均分蘗數之變化。圖內符號如圖2所示。

），TC-II反低於TC-I（表3），可能由於淨同化率TC-II不足以滋養所有之分蘗，而造成部份分蘗不能成穗。

（B）生長分析：

欲知本試驗兩稻種第一、二期作農藝性狀變異之因，可利用生長分析法來比較個體植物於族羣中

表3. 第一、二期作稻產量及產量構成要素比較

| 項　目　Item | 期作 | 臺南五號 Tainan No. 5 68年度 | 69年度 | 70年度 | 平均值 | 比值(%) | 臺中秈三號 Taichung Sen No. 3 68年度 | 69年度 | 70年度 | 平均值 | 比值(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 一欉穗數 Number of panicles per hill | I | 22 | 19 | 14 | 18 | 100 | 23 | 18 | 12 | 18 | 100 |
| | II | 13 | 16 | 12 | 14 | 78 | 12 | 15 | 13 | 13 | 74 |
| 一欉總粒數 Total number of graina per nill | I | 1,792 | 1,655 | 1,128 | 1,525 | 100 | 2,185 | 2,085 | 1,420 | 1,897 | 100 |
| | II | 1,287 | 1,508 | 1,118 | 1,340 | 86 | 1,722 | 1,799 | 1,509 | 1,677 | 88 |
| 一欉結實粒數 Total number of ripened grains per hill | I | 1,681 | 1,365 | 1,091 | 1,379 | 100 | 1,961 | 1,251 | 1,300 | 1,489 | 100 |
| | II | 1,095 | 1,162 | 608 | 955 | 69 | 1,013 | 1,426 | 978 | 1,139 | 76 |
| 結實粒重 Weight of ripened grains (g/hill) | I | 39.63 | 31.68 | 29.64 | 33.63 | 100 | 53.28 | 29.25 | 36.40 | 33.64 | 100 |
| | II | 28.04 | 31.68 | 16.35 | 25.36 | 75 | 25.55 | 32.75 | 25.83 | 28.04 | 71 |
| 結實百分率 Percentage of ripened grains (%) | I | 93.81 | 82.48 | 96.72 | 91.00 | 100 | 89.75 | 60.00 | 91.54 | 80.43 | 100 |
| | II | 85.68 | 77.06 | 54.38 | 72.37 | 80 | 58.83 | 79.27 | 64.80 | 67.63 | 84 |
| 千粒重 Weight of 1000 grains (g) | I | 23.58 | 23.21 | 27.17 | 24.65 | 100 | 27.17 | 23.38 | 28.00 | 26.18 | 100 |
| | II | 25.61 | 27.26 | 26.89 | 26.59 | 108 | 25.22 | 22.97 | 26.41 | 24.87 | 95 |
| 穀粒數量 Grain yield (kg/na) | I | 6,341 | 5,069 | 4,742 | 5,384 | 100 | 8,525 | 4,680 | 5,824 | 6,343 | 100 |
| | II | 4,486 | 5,069 | 2,616 | 4,057 | 75 | 4,088 | 5,392 | 4,133 | 4,538 | 72 |
| 藁乾重 Dry weight of vegetative orgains (kg/ha) | I | 7,286 | 4,915 | 5,170 | 5,790 | 100 | 7,181 | 6,416 | 3,816 | 5,804 | 100 |
| | II | 5,448 | 4,627 | 4,979 | 5,018 | 87 | 4,534 | 5,392 | 5,274 | 5,067 | 87 |
| 一欉總乾重 Dry weight per hill (g/hill) | I | 85.75 | 69.60 | 62.24 | 72.53 | 100 | 99.42 | 82.16 | 61.13 | 80.90 | 100 |
| | II | 62.66 | 66.48 | 51.18 | 60.11 | 83 | 57.93 | 75.30 | 62.98 | 65.40 | 81 |
| 總粒重 Total weight of grains per hill | I | 40.21 | 38.88 | 29.91 | 36.31 | 100 | 54.54 | 42.00 | 37.28 | 44.61 | 100 |
| | II | 28.61 | 37.56 | 20.06 | 28.74 | 79 | 29.59 | 41.60 | 30.02 | 33.74 | 76 |
| 藁　重 Dry weight of vegetative orgains (g/hill) | I | 45.54 | 30.72 | 32.31 | 36.19 | 100 | 44.88 | 40.10 | 23.85 | 36.28 | 100 |
| | II | 34.05 | 28.92 | 31.12 | 31.36 | 87 | 28.34 | 33.70 | 32.96 | 31.67 | 87 |
| 總粒重／一欉總重（%） Grain weight/hill weight (%) | I | 46.89 | 55.86 | 48.09 | 50.28 | 100 | 54.86 | 51.00 | 60.98 | 55.61 | 100 |
| | II | 45.66 | 56.50 | 39.19 | 47.12 | 94 | 51.08 | 55.25 | 47.67 | 51.33 | 92 |
| 藁重／一欉總重（%） Vegetative weight/hill weight (%) | I | 53.11 | 44.14 | 51.91 | 49.72 | 100 | 45.14 | 49.10 | 39.02 | 44.42 | 100 |
| | II | 54.34 | 43.50 | 60.81 | 52.88 | 106 | 48.92 | 44.75 | 52.33 | 48.67 | 110 |
| 總粒重／藁重（%） Grain weight/Vegetative weight | I | 113.26 | 79.00 | 107.95 | 100.07 | 100 | 82.29 | 95.00 | 63.98 | 80.42 | 100 |
| | II | 119.00 | 77.00 | 155.13 | 117.04 | 117 | 95.78 | 81.00 | 109.79 | 95.52 | 119 |

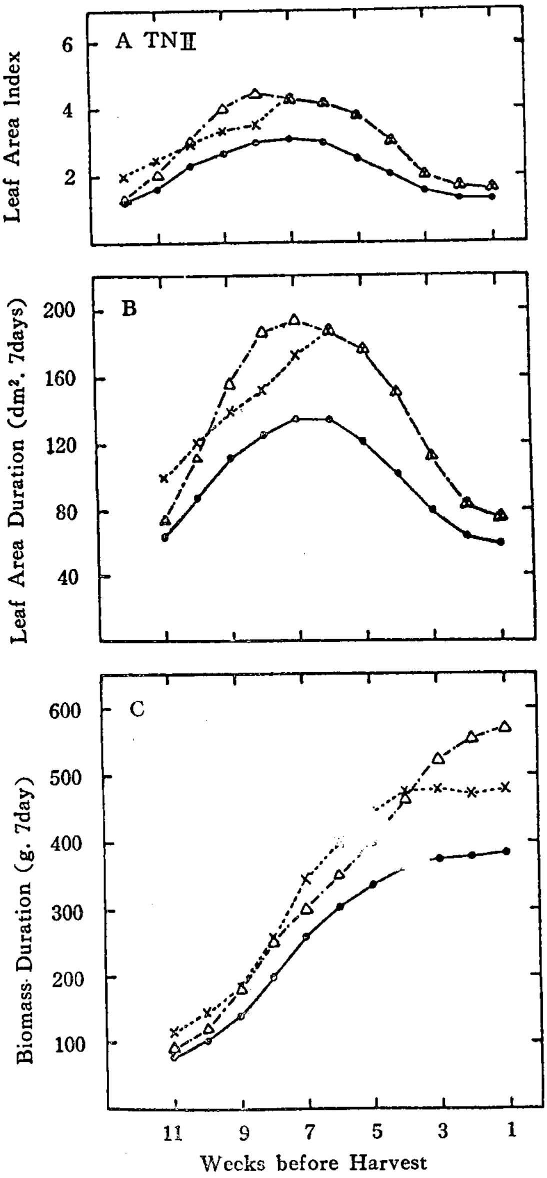



圖5. 第一期臺南五號葉面積指數，葉面積持久性，及生物質持久性之年度變化。圖內符號如圖1所示。

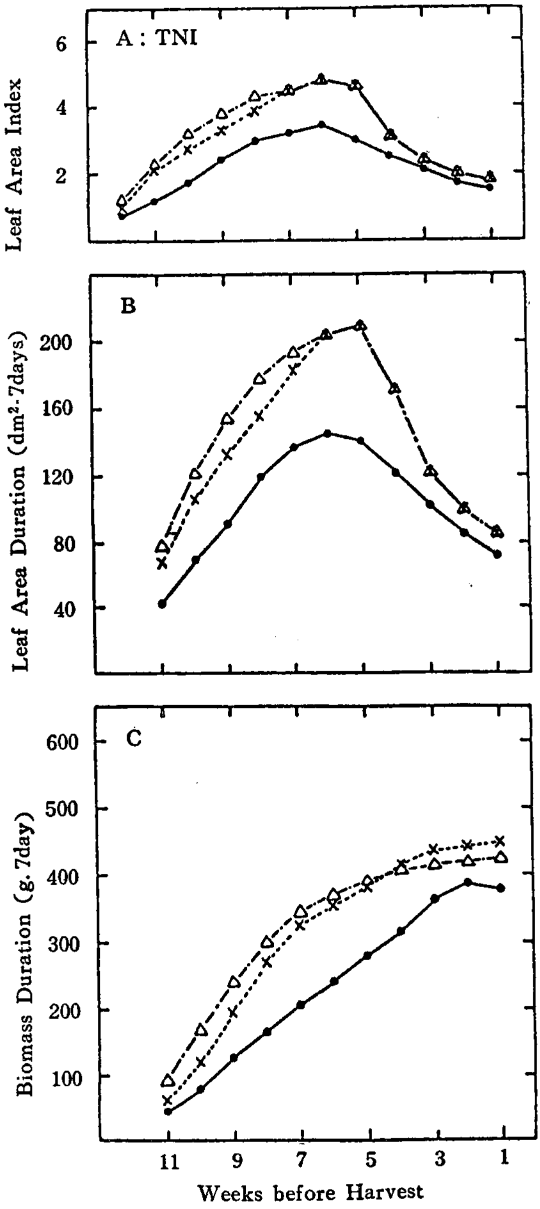



圖6. 第二期臺南五號葉面積指數，葉面積持久性，及生物質持久性之年度變化。圖內符號如圖1所示。

對地上部環境利用之效率。於收穫前12週，每週直接採收水稻，分葉、桿及穗等各部位，秤其乾重及量葉面積，再利用生長分析法之數學公式（Jarris and Catsky, 1971），分別計算各生長期之平均值。若比較年度間葉面積指數（LAI），可知：①以TC-I 之 LAI 年度間差異最大，其 LAI 最大値為7.3，最小值為3.1（圖7 A）。②兩稻種均以86年度之 LAI 為最大，其次為69年度，70年度最小（圖5－8，A）。若以第一、二期作稻來比較其最大之 LAI，則 TN-II（4.4）大於 TN-I（3.9），TC-II（5.4）大於TC-I（4.8），尤其以抽穗期較為顯著（圖9－10，A）但成熟期（D

及E期）二期作之 LAI 減少速率大於一期者，以致 TC-Ⅱ E期之 LAI 低於 TC-Ⅰ 者。兩稻種葉面積持久性（LAD）年度間及季節性之變化均與 LAI 之變化相似（圖7—10，B）。同時，生物值持久性（BMD）年度間之變化也與LAI之變化相類似（圖5—6，C）而三年度一、二期作稻BMD平均值之變化與LAI之變化不同：①TN-Ⅰ與TN-Ⅱ在A及B期相類似。②自C期後，TN-Ⅰ則大於TN-Ⅱ且逐增。③TC-Ⅰ僅在E期大於TC-Ⅱ，其他四個生長期均小於TC-Ⅱ。在成熟期，兩稻種年度間及年度平均的一、二期的BMD高則各產量也相對提高（圖5—10，C及表3）

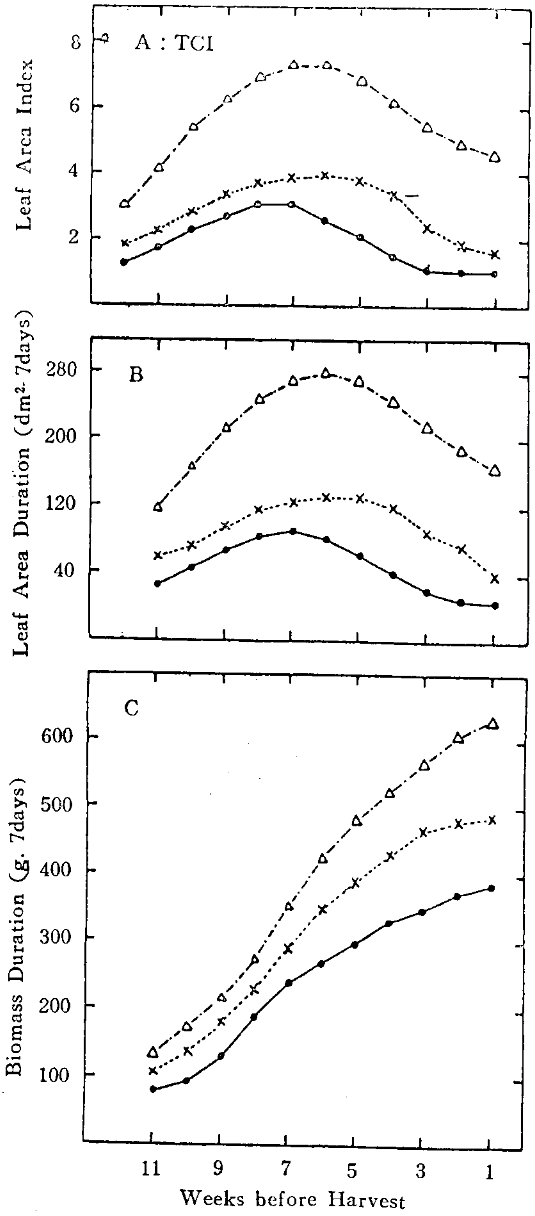



圖7. 第一期臺中秈三號葉面積指數，葉面積持久性，及生物質持久性之年度變化。圖內符號如圖1所示。

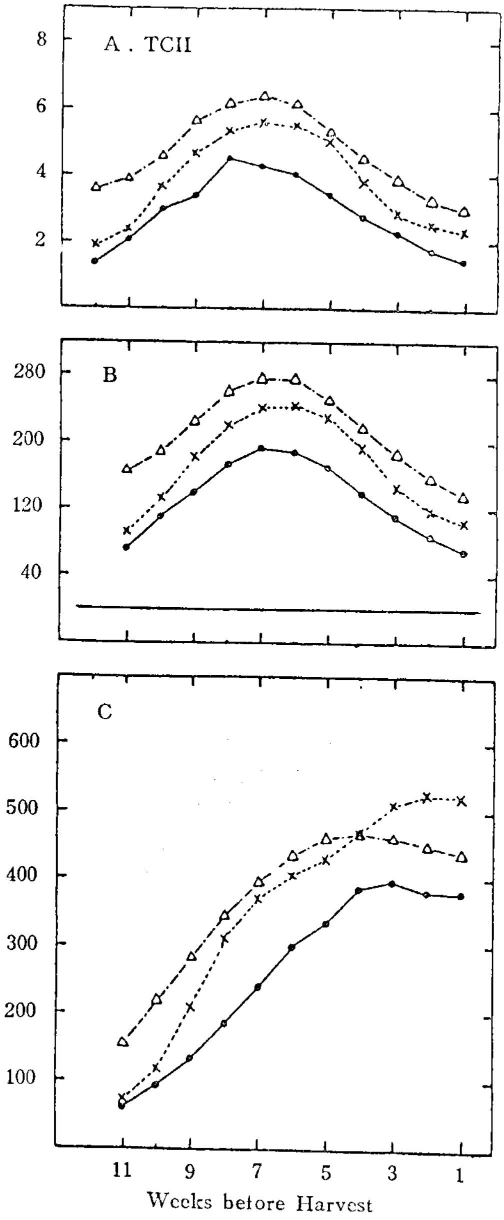



圖8. 第二期臺中秈三號葉面積指數，葉面積持久性，及生物質持久性之年度變化。圖內符號如圖1所示。

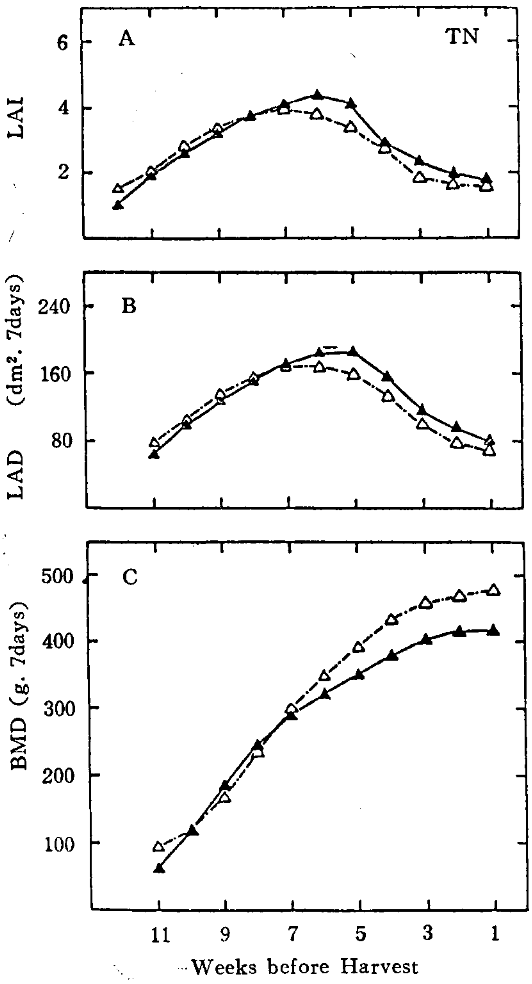



圖9. 第一、二期臺南五號年度平均葉面積指數，葉面積持久性及生物質持久性之變化。圖內符號如圖1所示。

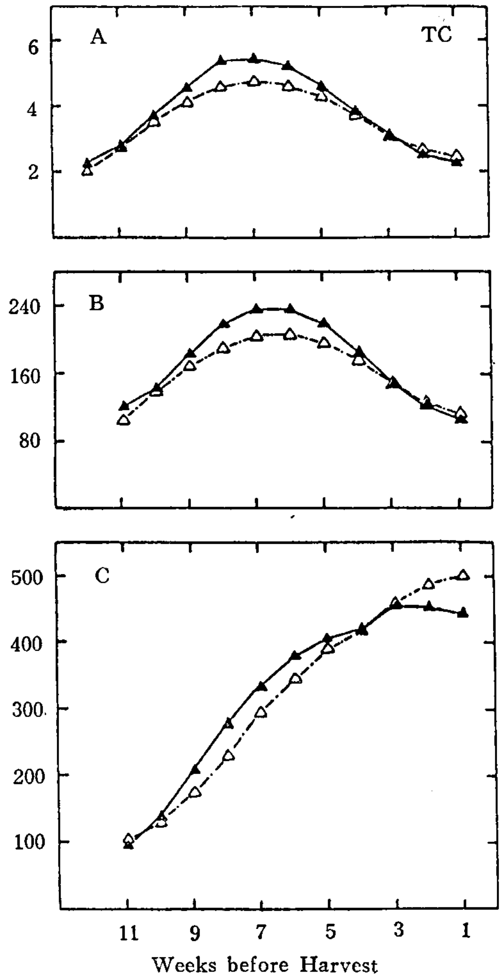



圖10. 第一、二期臺中秈三號年度平均葉面積指數，葉面積持久性及生物質持久性之變化。圖內符號如圖1所示。

。可見E期之BMD有利於一期作，也爲其產量較高於二期作之可能原因之一。

第一期作稻最大平均葉面積指數（maximum mean LAI）年度間之差異大於第二期之差異，如TN-Ⅰ介於3.0至4.3之間，而TN-Ⅱ介於3.4至4.5之間；TC-Ⅰ介於3.0至7.0之間，而TC-Ⅱ介於4.6至7.0之間（圖11—14，A）。若比較一、二期之Maximum mean LAI；則TN-Ⅰ小於TN-Ⅱ（3.8比4.1），TC-Ⅰ亦小於TC-Ⅱ（4.5比5.6）（圖15—16，A）。而在淨同化率（NAR, g/m² mean leaf area/day）之年度變化（圖11—14，B）範圍中，第一期作小於第二期作：TN-Ⅰ介於10.6至−0.6間，TN-Ⅱ介於15至−2.7間；TC-Ⅰ介於9.6至0.0間及TC-Ⅱ介於10至−2.5間。第一、二期作之NAR季節性轉換點（圖15—16，B），乃介於收穫前第8與9週間，此時爲水稻之孕穗期（B期）。TN-Ⅱ之NAR自收穫前第11週由11.8逐漸下降至−1.0，TN-Ⅰ之NAR則在收穫前第8週呈最大値7.6，然後下降至1.5爲止。TC-Ⅰ之NAR在收穫前第8週爲最大5.4，TC-Ⅱ之最大値則提前一週爲6.0。若比較期作間抽穗期及爾後之NAR（即以NAR曲線所含括之面積

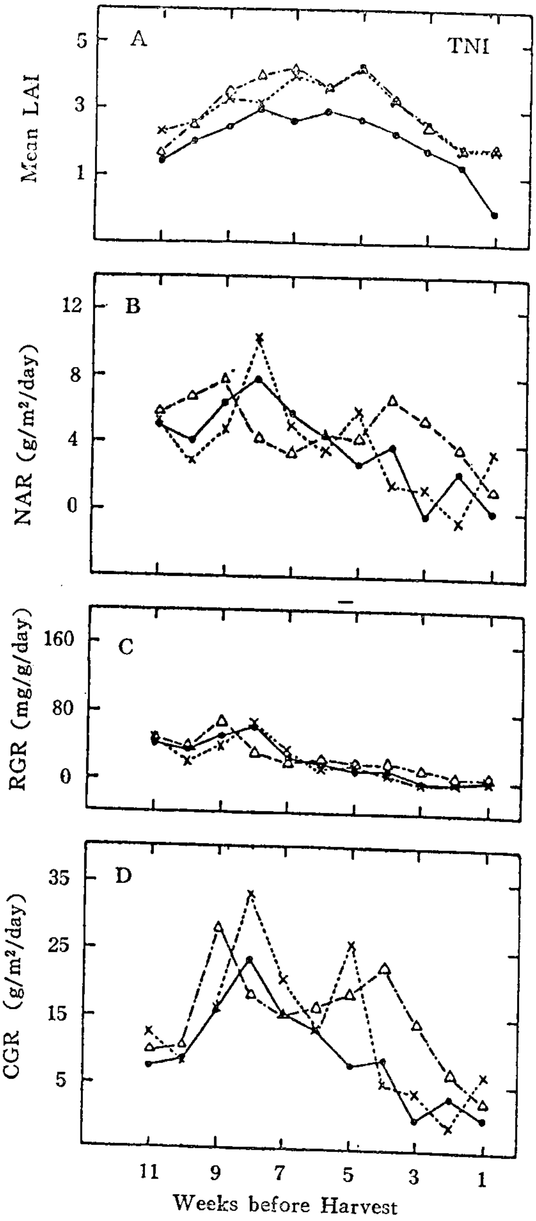



圖11. 第一期臺南五號平均葉面積指數，淨同化率，相對生長率及作物生長率之年度變化。圖內符號如圖1所示。

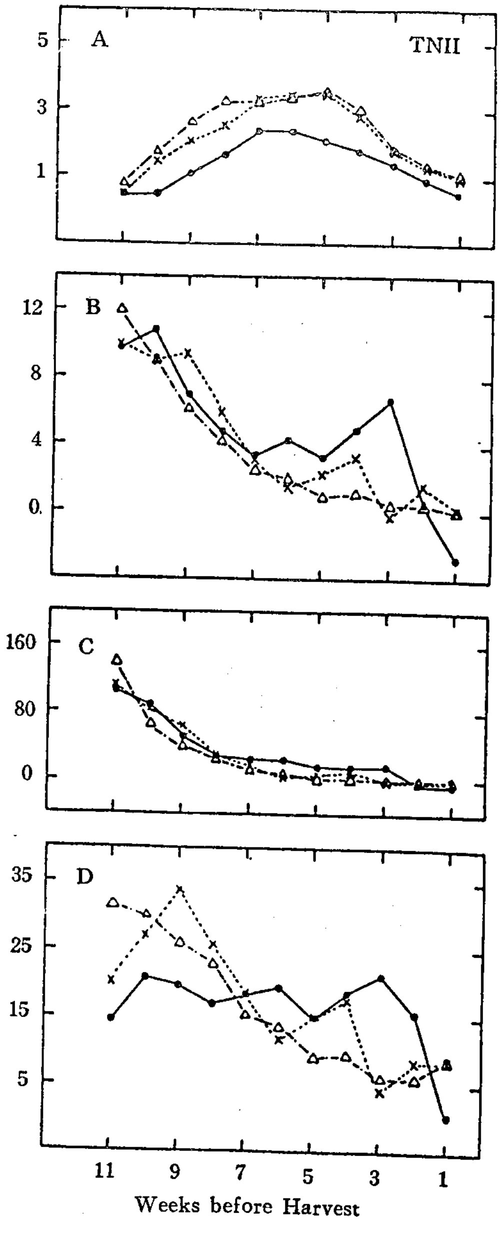



圖12. 第二期臺南五號平均葉面指數，淨同化率，相對生長率及作物生長率之年度變化。圖內符號如圖1所示。

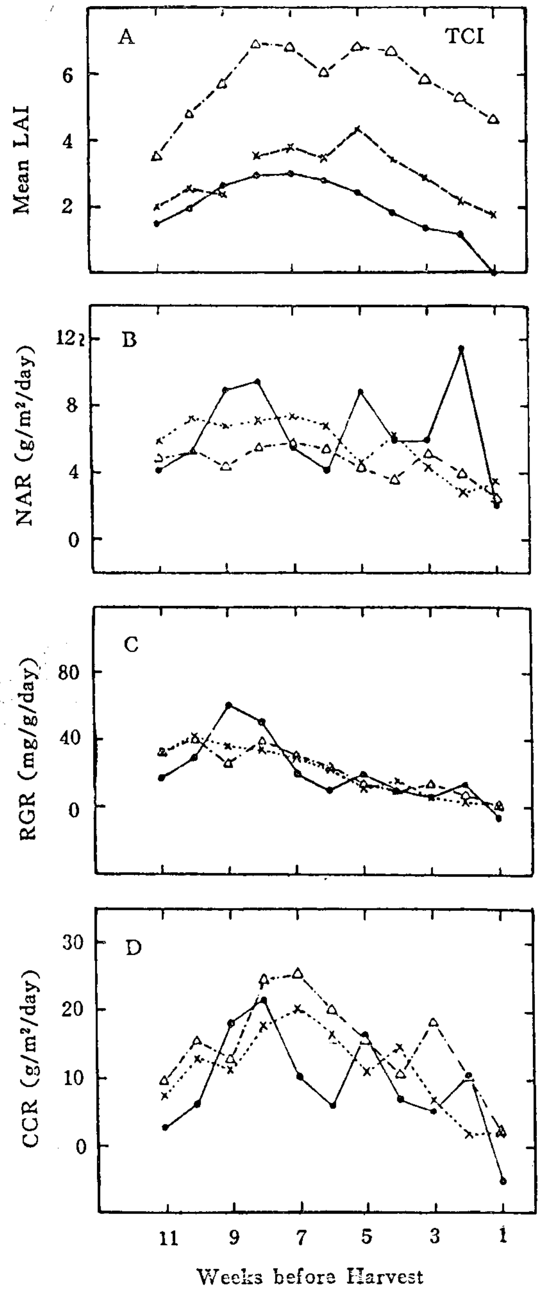



圖13. 第一期臺中秈三號平均葉面積指數，淨同化率相對生長率及作物生長率之年度變化。圖內符號如圖1所示。

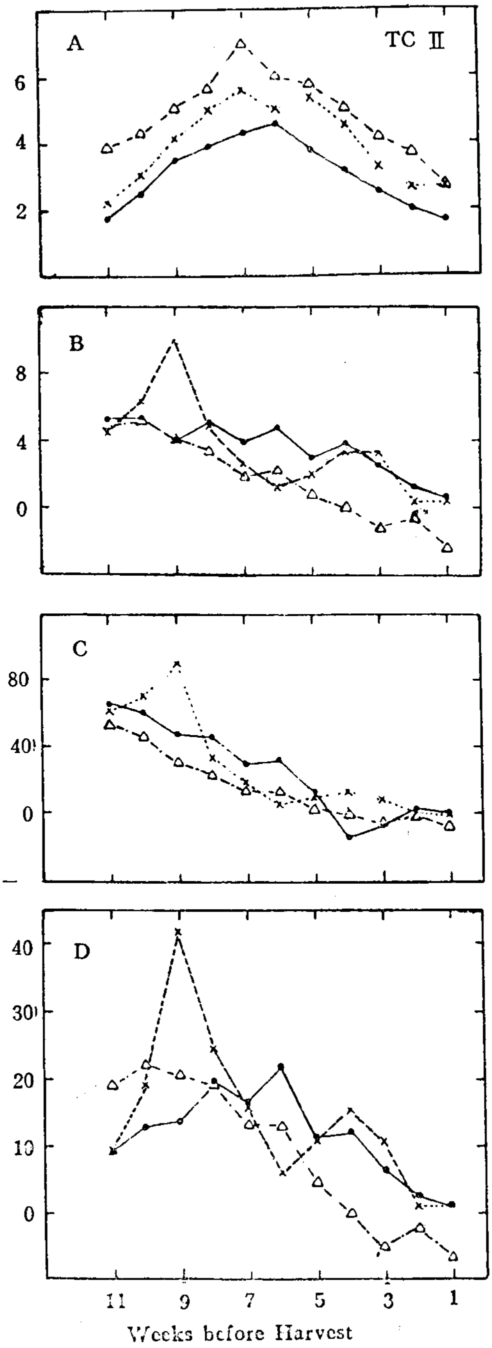



圖14. 第二期臺中秈三號平均葉面積指數，淨同化率，相對生長率及作物生長率之年度變化。圖內符號如圖1所示。

和）則TN-Ⅰ大於TN-Ⅱ(11.0單位比6.5單位)，TC-Ⅰ亦大於 TC-Ⅱ（11.6單位比6.3單位）。兩稻種作物生長率（CGR, g/m² land area/day）年度間及季節性之變化與 NAR 之變化相似（圖11—16，B）。由以上資料所示 CGR 值受 NAR 之影響大於 mean LAI 爲大。同樣，相對生長率（RGR）年度間及季節性之變化受NAR 之影響大於葉面積（LAR）爲多（圖11—16，C，及圖17）。兩稻種之 LAR 除在A期一期作小於二期作較多外，其他四個生長期之間差異頗小。

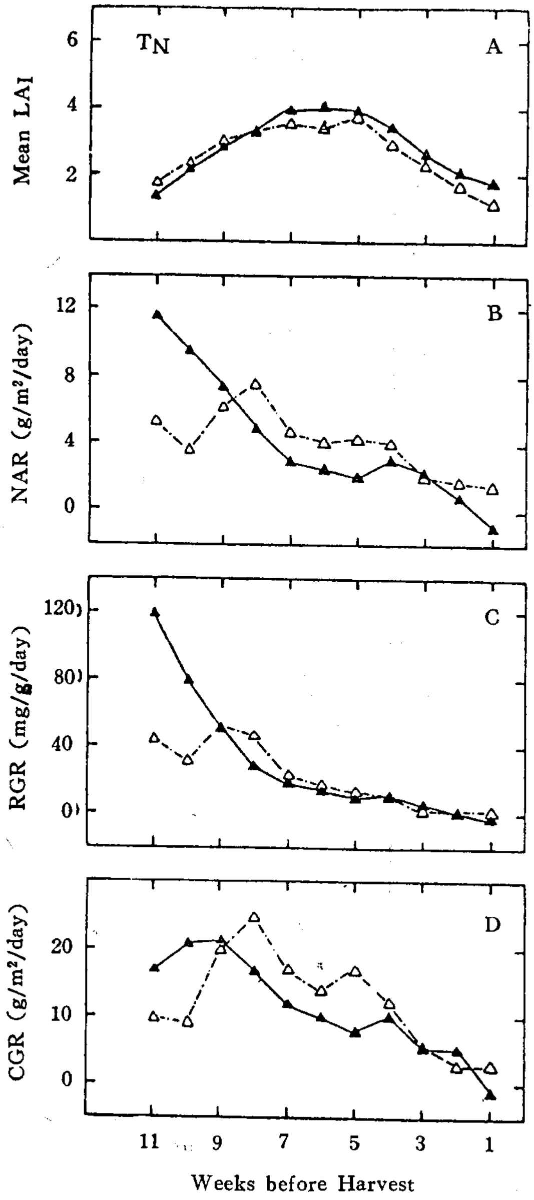



圖15. 第一、二期臺南五號平均葉面積指數，淨同化率，相對生長率及作物生長率年度平均値之變化。圖內符號如圖2所示。

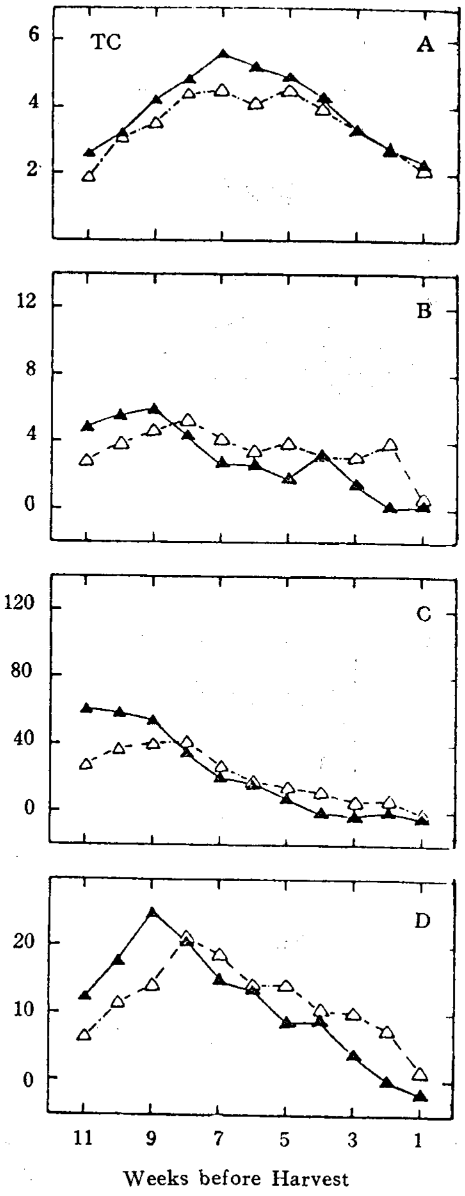



圖16. 第一、二期臺中秈三號平均葉面積指數，淨同化率，相對生長率及作物生長率年度平均値之變化。圖內符號如圖2所示。

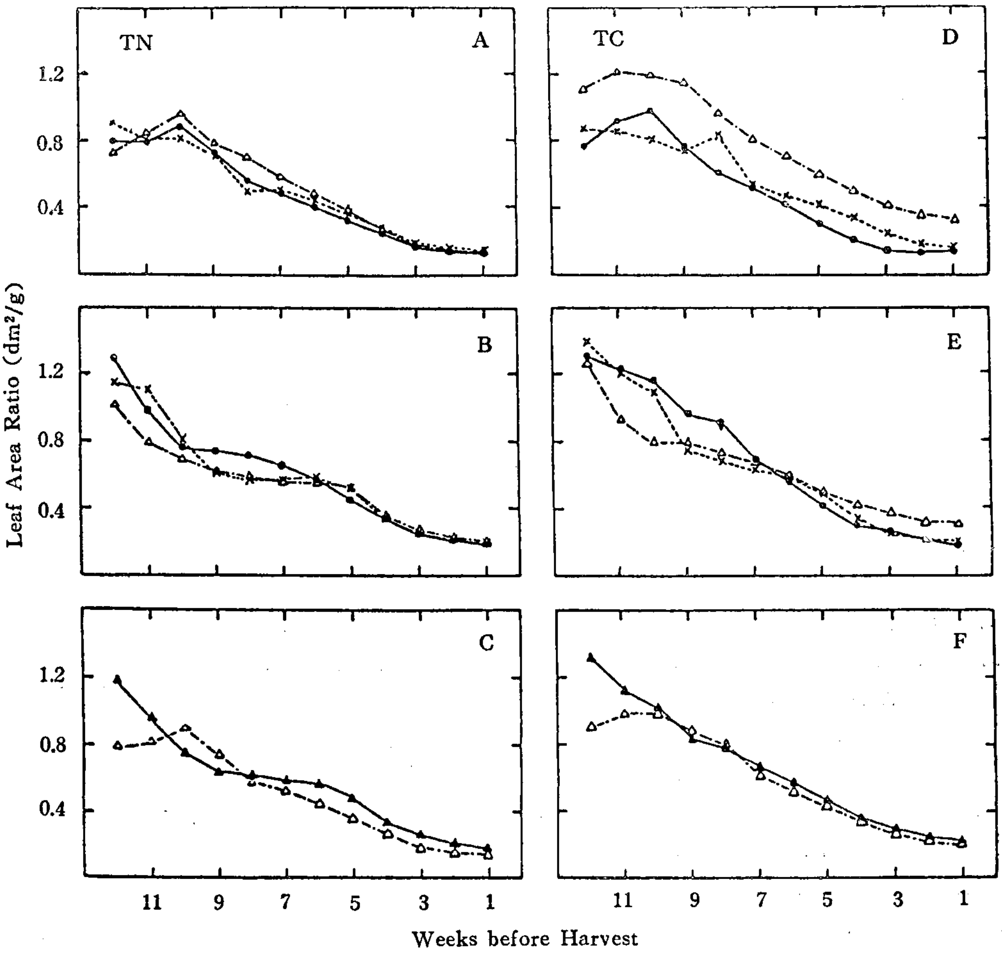



圖17. 臺南5號（左圖）及臺中秈3號（右圖）年度及年度平均葉面積比之變化。圖內符號如圖1及圖2所示。

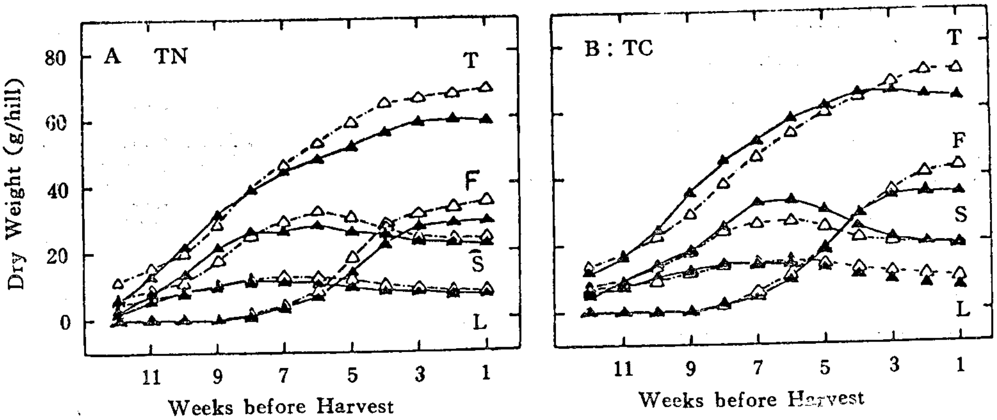



圖18. 臺南5號（A圖）及臺中秈3號（B圖）年度平均乾物重之變化T：全乾物質，F：穗重，S：稈重，L：葉重。圖內符號如圖2所示。

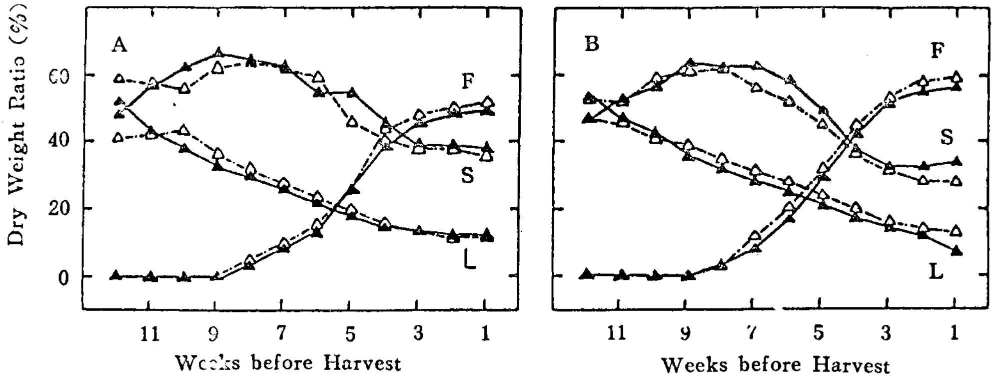



圖19. 臺南5號（A圖）及臺中和3號（B圖）年度平均乾物重比之變化F：穗重比，S：稈重比，L：葉重比。圖內符號如圖2所示。

水稻之營養期及生殖期養份之貯存，光合率以及同化物流至谷粒量之大小，影響谷物之產量。若將三年度兩稻種之一、二期作乾重及各器官乾物重加以平均，以其平均值及生長期變化之關係表示（圖18），在孕穗期（B期），TN-Ｉ 之乾物重均小於 TN-Ⅱ；而其他各期 TN-Ｉ 皆高於 TN-Ⅱ。但 TC-Ｉ 之乾物重僅於成熟後期大於 TC-Ⅱ。兩稻種一、二期作乾物重變化之曲線相似；如抽穗期後（稈重加葉重）減少的曲線與穗重增加的曲線，兩期作均呈逆對稱。同時，$W_{T1}-W_{T2}$ 之差異幾等於 $W_{F1}-W_{F2}$ 之差異，表示一期作稻生殖期之光合物輸送至谷粒效率頗高，同時，二期作稻葉貯存之養份輸送至谷粒之量大於一期作稻，蓋因葉重自抽穗期後降低之速率，二期作大於一期作。

兩稻種一、二期作淨光合物對莖、葉及穗分配情形相類似（圖19），故可推測二者之 CGR 及 NAR 之變化，影響到植物營養器官養份之貯存及充實率，進而左右稻谷收量。①兩稻種二期作之葉乾重比於A期最大。稈乾重比自A漸增至B期達最大，於C期穩定，然後再下降，而葉之乾重却是自A期即漸減至E期。②兩稻種一期作之穗乾重比均高於二期作。③若與穗及葉之乾重比而言 TC-Ｉ 自孕穗期後均大於 TC-Ⅱ；然而稈乾重比 TC-Ｉ小於 TC-Ⅱ。

（C）光合作用及呼吸作用：

於室外自然環境且晴天，一天24小時內，二稻種一、二期作各生長期白天之光合率，夜間呼吸率及光度之變化如圖20及21所示（69年度爲例），圖中顯示：①白天之光合率隨太陽光强度大小而變；在A、B、C期中更爲顯著，此時期飽和光度大於 1000$\mu$E/m$^2$/sec，但在E期，光合率小且呈平坦型之曲線，而飽和光度僅爲 300$\mu$E/m$^2$/sec 左右，TC-Ｉ之E期及TC-Ⅱ之D、E期之光合率從上午九點起下降；然而 TN 之同一生長期之光合率下降較遲且慢。②一期作稻每日光合作用的時間很平穩，自A期13小時至E期的13.2小時；而二期作稻自A期 12.5小時至E期時却減至 9.5小時。③一期作稻之日照仍然保持與前期相似，但二期作稻則降低很多（圖20，21）。由以上資料顯示，第一期作稻比二期作稻有較多的時間及强日照行光合作用之機會；相對的，每日夜間呼吸作用的時間，二期作較一期爲長；即表二期作稻所消耗之物質可能較一期爲多。

若由圖20及圖21至日24小時內所包括之面積求得日間光合率及夜間呼吸率，再由三個年度（68、69、70）所得之光合率（mg $CO_2$/hill/day）及呼吸率（mg $CO^2$/hill/day）之平均值以圖22表示，可知 TN-Ｉ 自A至C期之光合率緩慢上升（圖22 A），約達 1100 左右，自C至E期即逐漸下降至700左右；TN-Ⅱ亦由A至B期升高達 1100左右，但自B期後即以線形急遽下降至C期約 850，再降至E期300左右。TC-Ｉ 及 TC-Ⅱ 之光合率隨生長期之變化與 TN 類似（圖22C）；TC-Ｉ 在C期時之光合率爲最大，約 1200 ；在E期最小，約

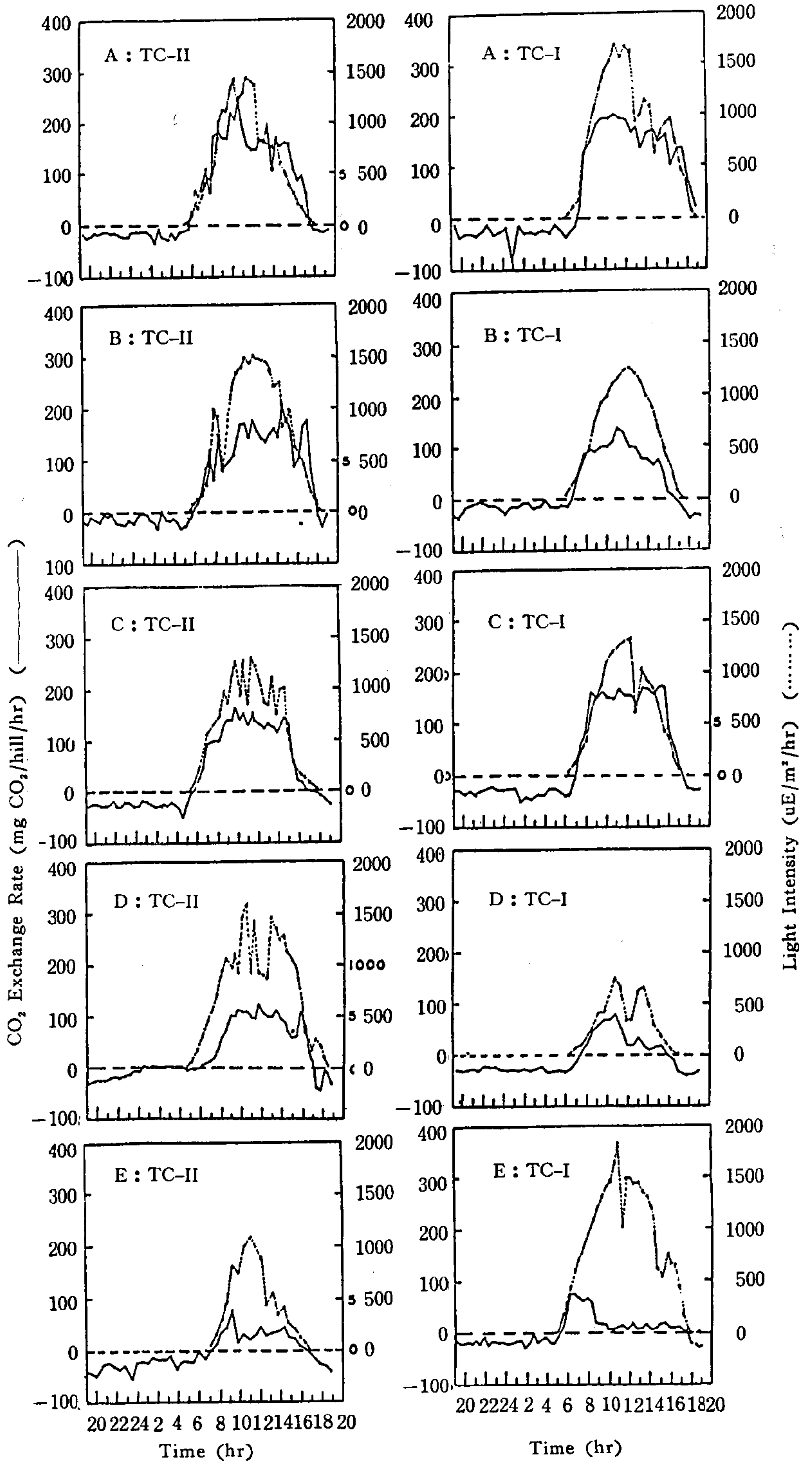



圖20. 第一、二期臺中秈3號不同生育期之日間光合率及夜間呼吸率全天之變化。

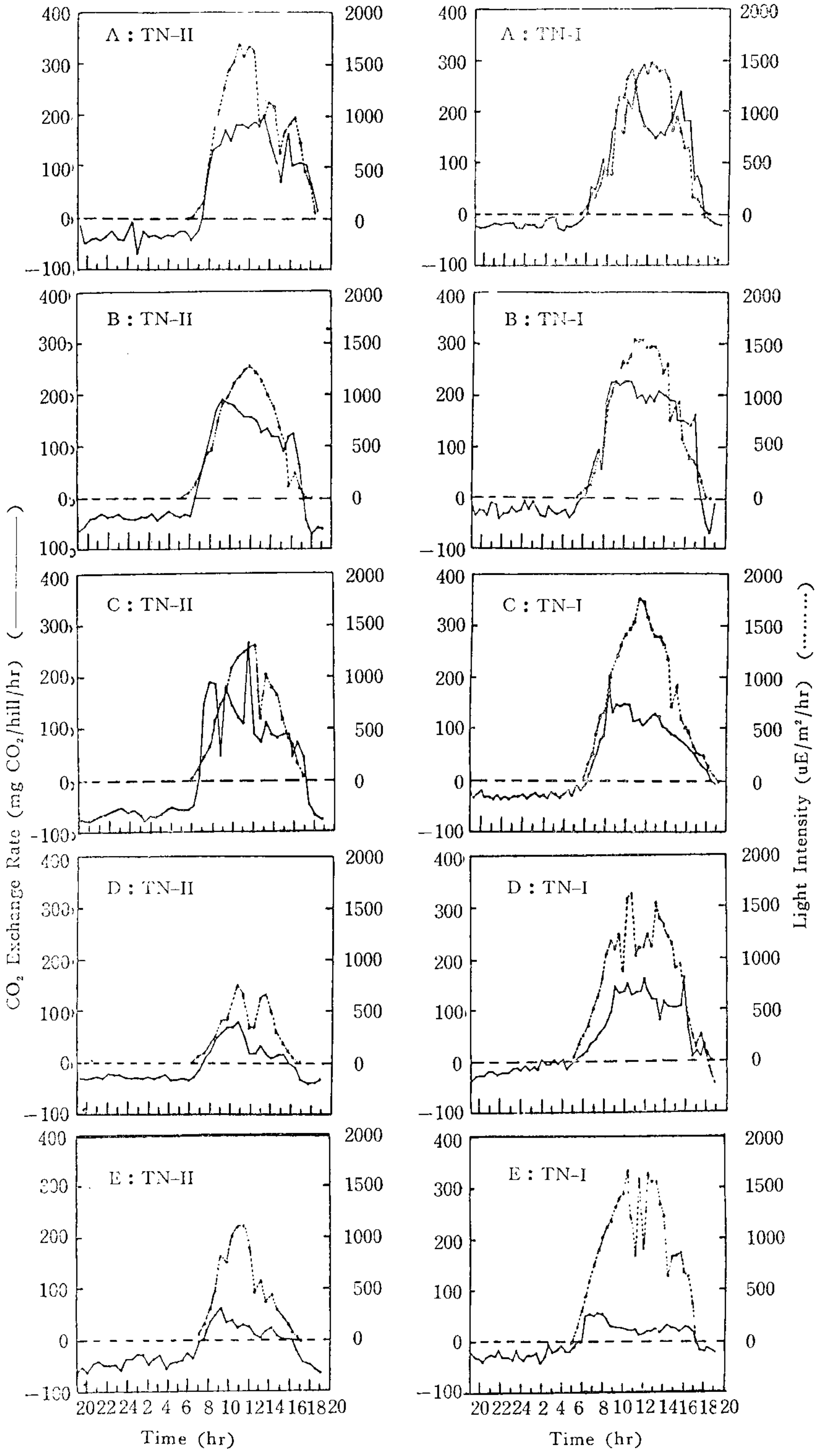



圖21. 第一、二期臺南5號不同生育期之日間光合率及夜間呼吸率全天之變化。

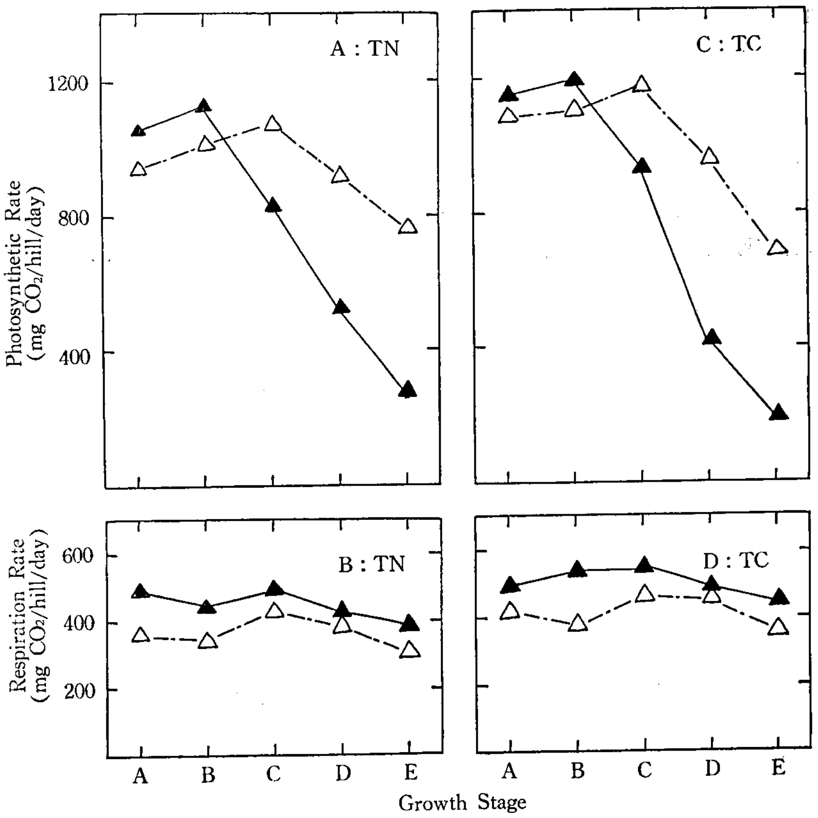



圖22. 水稻一、二期作整欉日間光合率及夜間呼吸率年度平均值之變化。

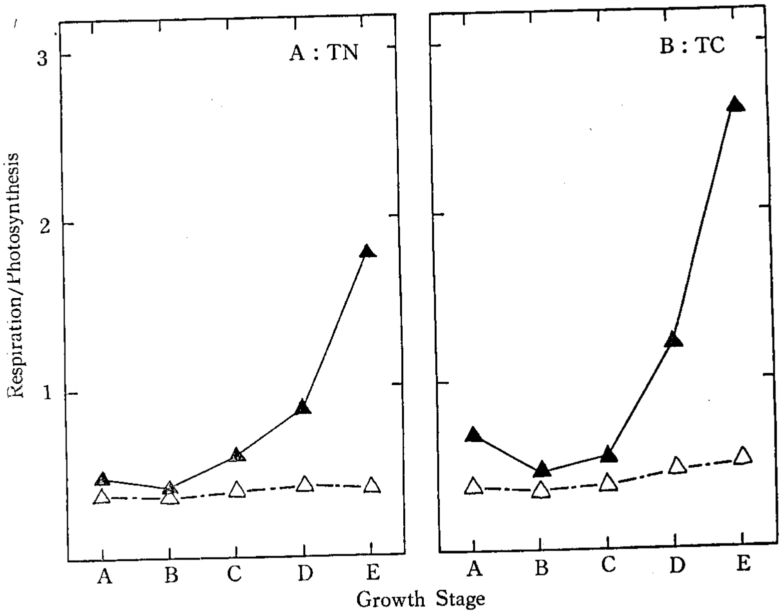



圖23. 第一、二期作稻不同生育期夜間呼吸率與日間光合率比值之年度平均值變化。

700；TC-Ⅱ 則以B期爲最高，約1200，而E期約200 爲最低。若比較兩稻種一、二期之光合率可知：自A至B期兩稻種之二期作均大於一期作，但自C至E期，一期則皆大於二期且二者之差異逐漸增大。兩稻種一、二期作之呼吸率自A至E期均無較大之變化（圖22B、D），以C期最大，E期最小，且兩稻種二期作之呼吸率均大於一期作。

綜合圖22之A與B及C與D可得圖23之A及B，由圖23得知：兩稻種一期作呼吸率對光合率之比值並無明顯之變化；但二期作由於兩稻種之光合率從B期後即急遽下降（圖22A、C），導致呼吸率對光合率之比值急遽上升；TN-Ⅱ 從B期0.43增加至E期之1.8增加約4.2倍之多，TC-Ⅱ 從B期之0.46升高至E期2.6，升高5.7倍。

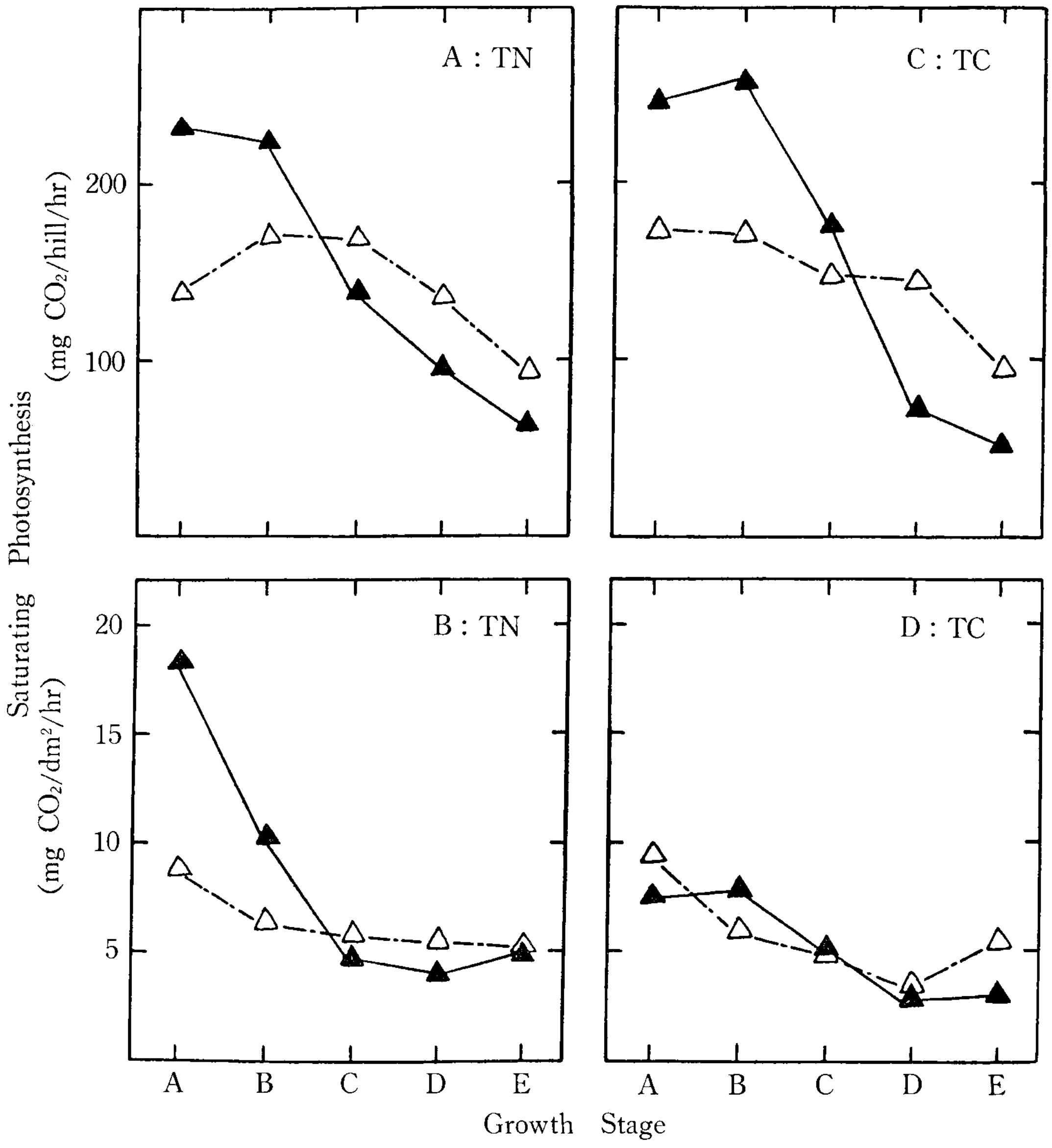



圖24. 第一、二期作稻單位葉面積日間光合率與夜間呼吸率年度平均值之變化。

若以葉片單位面積爲主以（mg $CO_2/dm^2/hr$）表示兩稻種之光合率及呼吸率如圖24所示。由於在各生長期兩稻種之葉面積均有變化（圖5－8），其接受光之效率也有差異，故其光合率約在1到7個單位之間（圖24A－C），TN-I 與 TC-I 均由A期下降至B期，B至E期略爲升高，自C期再降至E期爲最低（TN-I 爲1.9，TC-I爲2.6）。而 TN-II 與 TC-II 之變化較大，TN-II由A期最高6.8急遽下降至 C期 2.7，然後繼續降至 E期最低 1.5；TC-II 亦以 A 期最高 4.2，便急速下降至 C 期 2.25，再降至 E 期 1.0。兩稻種一期作之呼吸率變化的起伏不大，而 TN-II

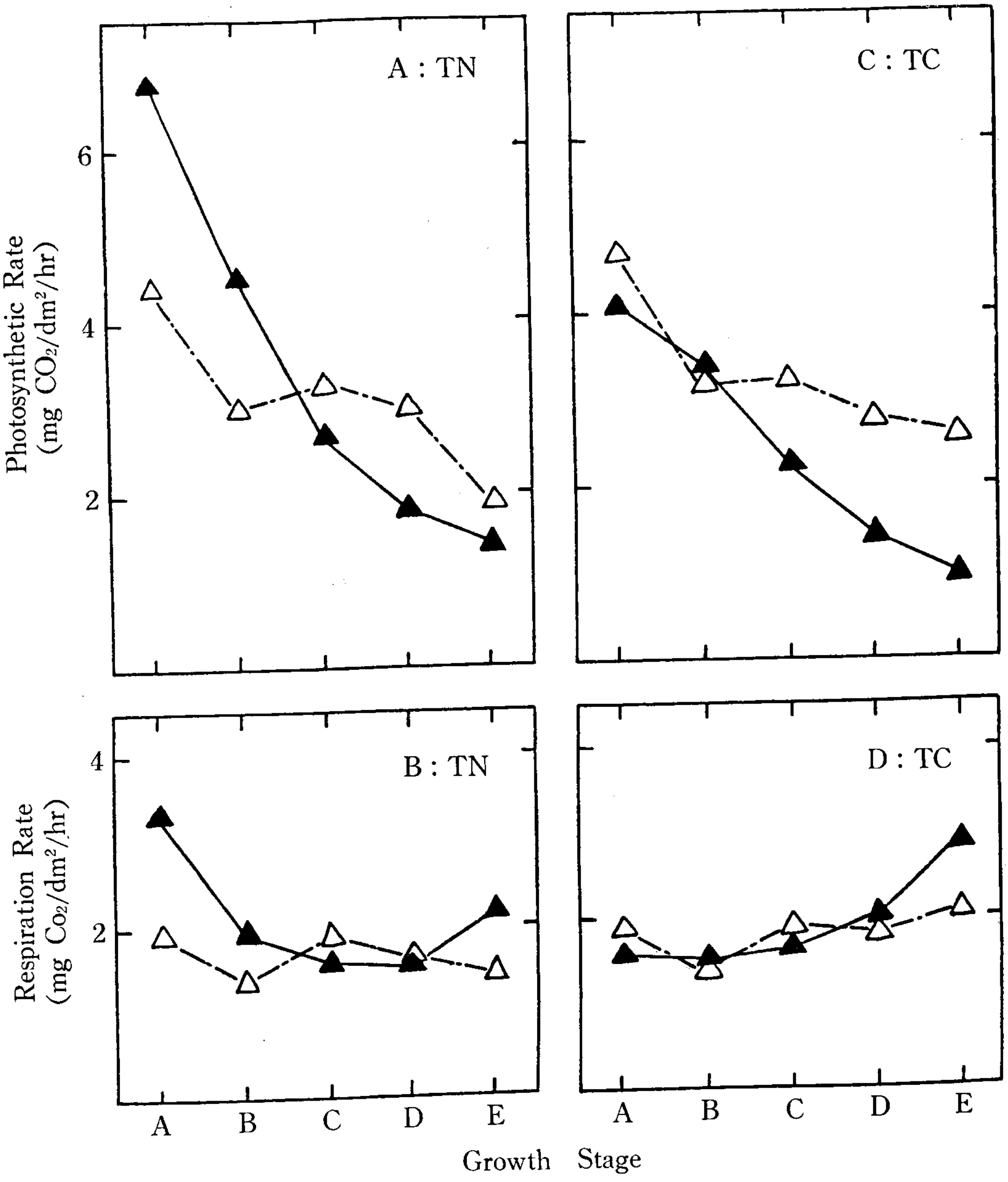



圖25. 水稻第一、二期作日間飽和光合率年度平均值之變化。

雖自A降至D期，但後又有升高的現象，TC-Ⅱ除A期略高於B期外，從B期至E期有逐漸增加的趨勢。

飽和光合率之變化可由圖25所示：若以（mg $CO_2$/hill/hr）爲單位（圖25A、C），除 TN-Ⅰ A至B期增加外，兩稻種其餘四個生長期均有逐漸

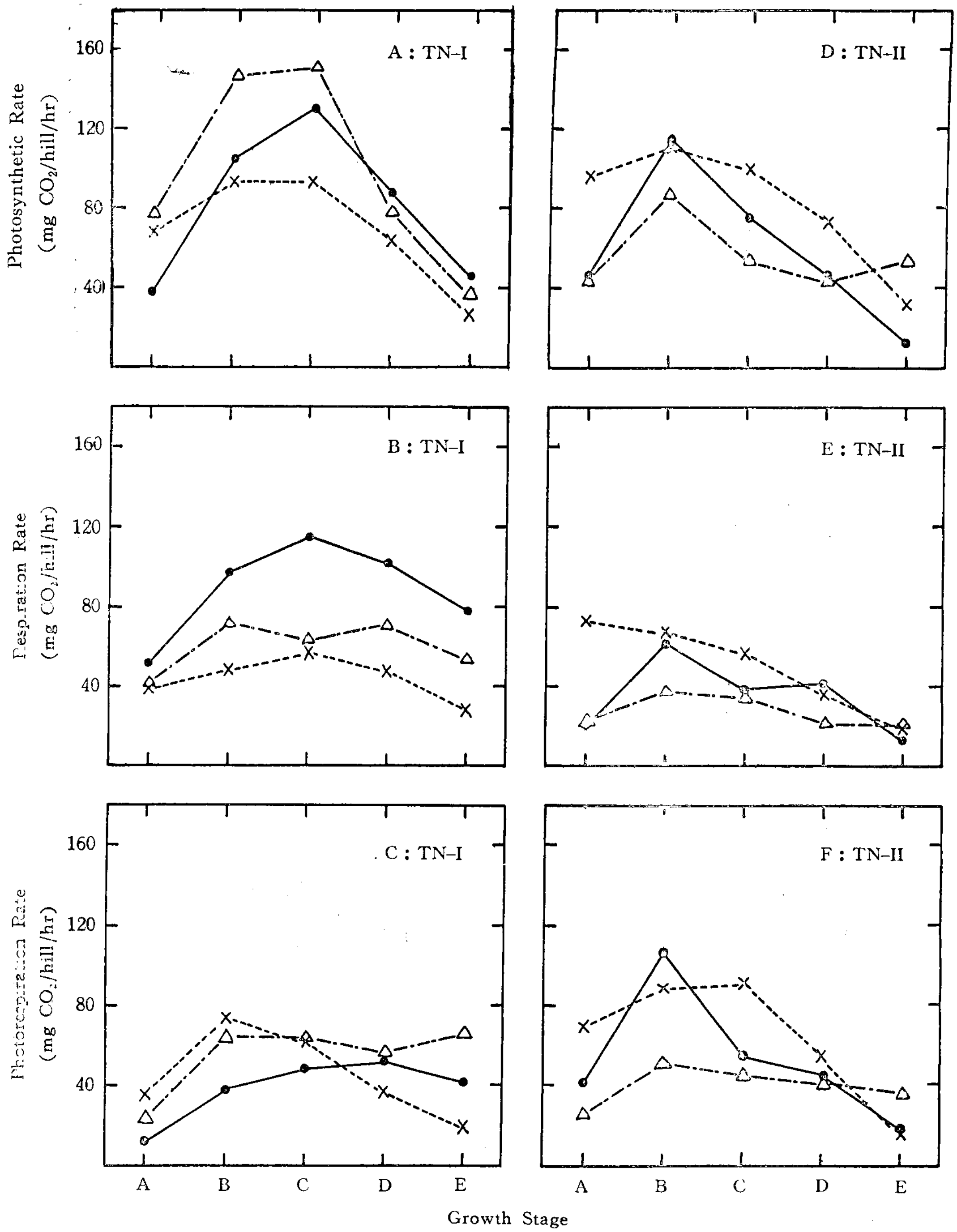



圖26. 第一、二期作臺南5號整欉光合率，呼吸率及光呼吸率之年度變化。

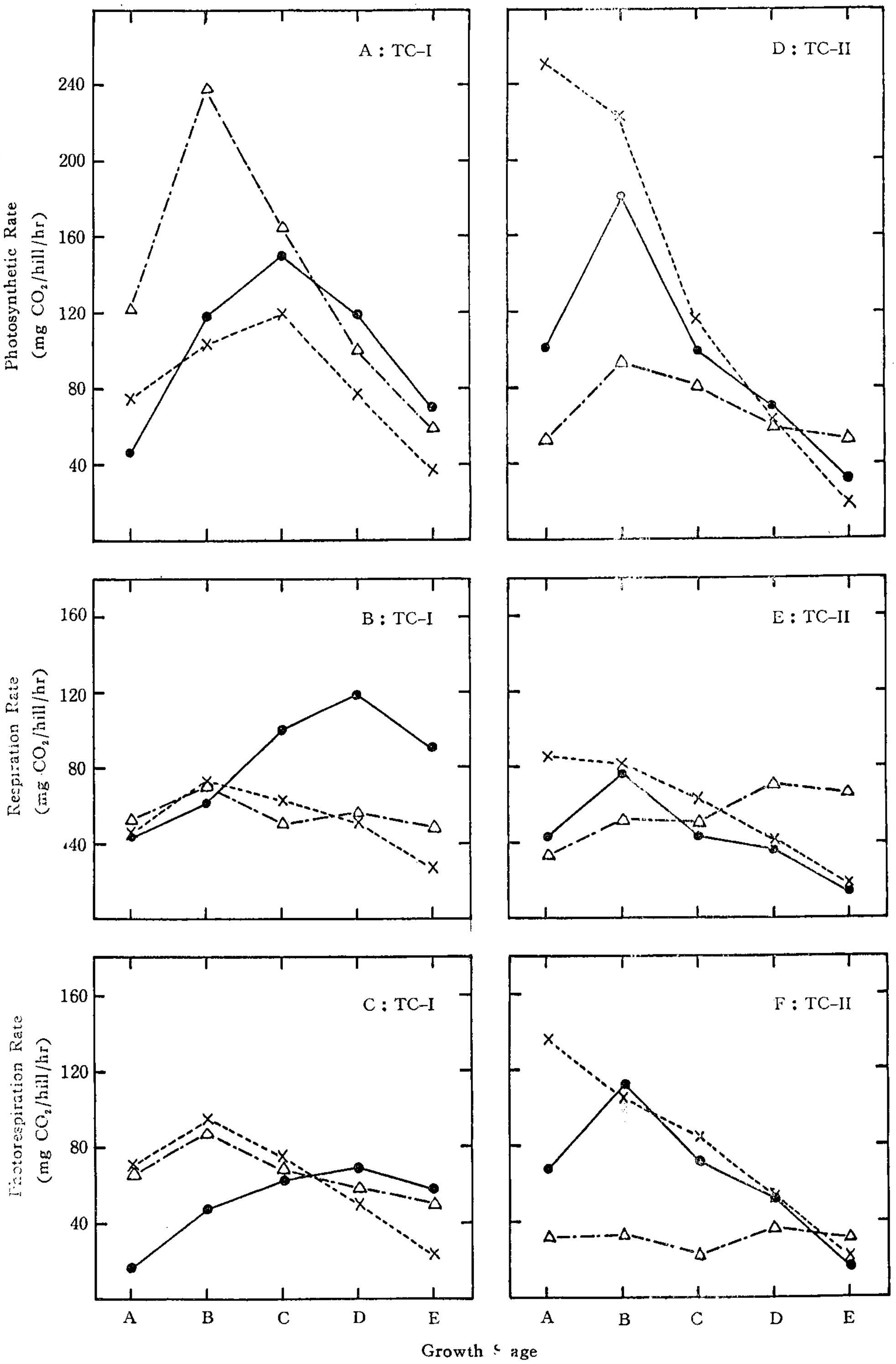



圖27. 第一、二期作臺中秈3號整欉光合率，呼吸率及光呼吸率之年度變化。

緩慢下降之趨勢。TN-Ⅱ自A期最高235略降至B期，自B期起即急遽下降至C期 140，然後繼續降至最低之E期65；而TC-Ⅱ却由略增加至B期最高257，自B期後便急速下降至C期63，再繼續降至最低之E期50。TN-Ⅰ在C期時高於 TN-Ⅱ 約30，而TC-Ⅰ在C期却小於 TC-Ⅱ約25。若以（mg $CO_2/dm^2/hr$）爲單位來表示飽合光合率之變化（圖25B、D），可知：TN-Ⅰ 從最高之A期漸降至E期，而 TN-Ⅱ 却由最高之A期18急遽降至C期5，再緩慢降至D期4，但又略升至E期5。T

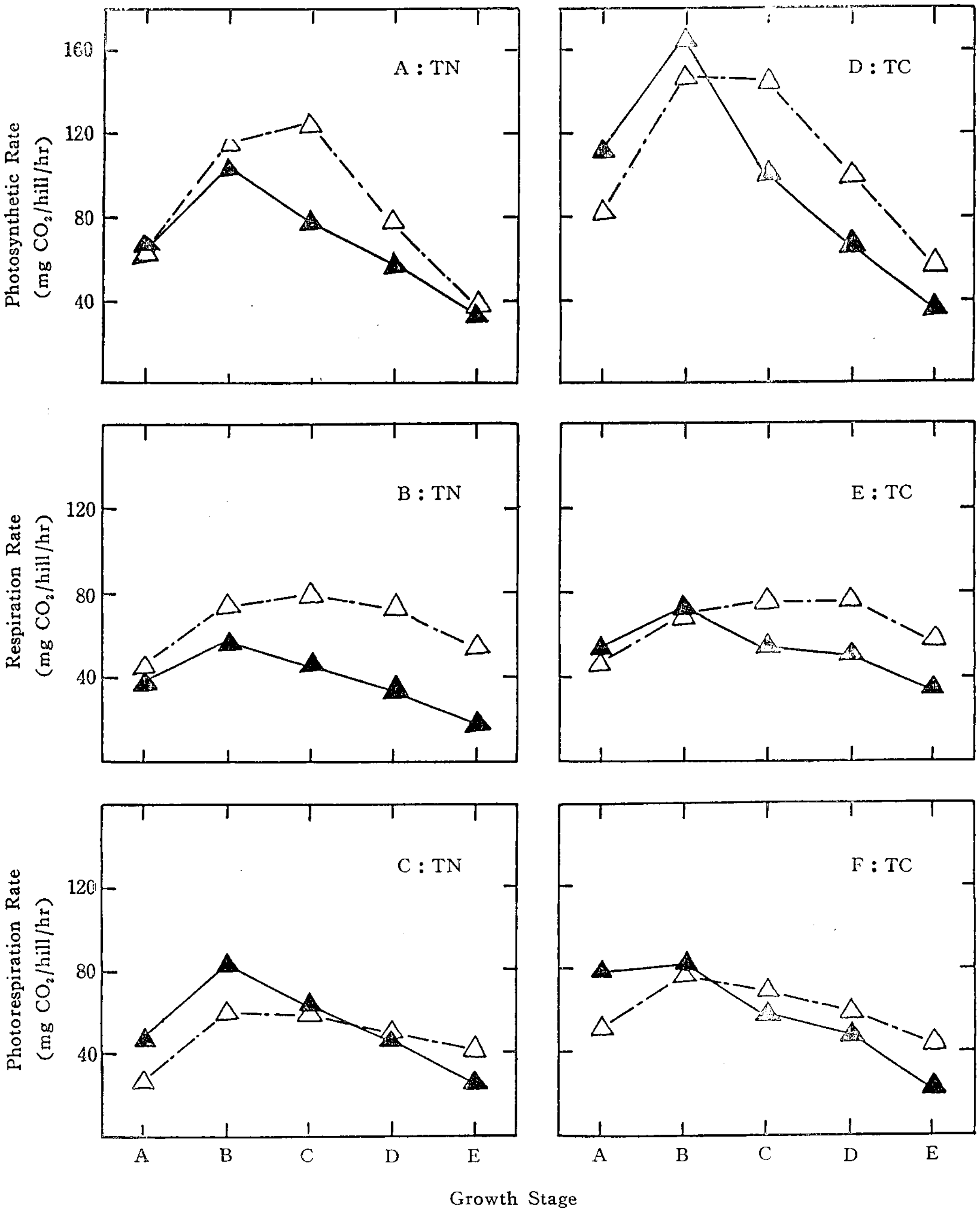



圖28. 水稻第一、二期作整欉光合率，呼吸率及光呼吸率年度平均値之變化。

C-Ⅰ從A期漸降至D期爲最低3.4，再由D期升高至E期5.5，而 TC-Ⅱ在A至B期及D至E期略爲增高外，自C至D却呈線形緩慢降低。兩稻種在C，D及E期，一期作之數值均高於二期作。

上述室外光合作用與呼吸作用之測定除了在田間操作外，其餘方式皆與在室內植物生長箱內測定方式相同。室內測定，於水稻收穫前12週，每週定時將欲測之水稻移置於植物生長箱內，在控制的生長環境下，測定其光合率，呼吸率及光呼吸率等項目。將$CO_2$交換率與生長期間之關係作成圖形（圖26—31）。若以整欉水稻爲標準來比較68、69、70年度間之關係：①光合率（mg $CO_2$/hill/hr）大小順序爲ⓐ TN-Ⅰ 68, TN-Ⅰ 70, TN-Ⅰ 69；ⓑTN-Ⅱ 69, TN-Ⅱ 70, TN-Ⅱ 68；ⓒTC-Ⅰ 68, TC-Ⅰ 70, TC-Ⅰ 69；ⓓTC-Ⅱ 69, TC-Ⅱ 70, TC-Ⅱ 68等。一般光合率隨生長期之變動而變化，一期作最大光合率在C期（抽穗期），而二期作提早於B期（孕穗期），其特殊之處爲TC-Ⅱ69，由A期230單位依序下降至E期 20單位，其間相差11倍之多。TC-Ⅰ 68 在B期最大，值爲 218（圖 27A、B），最小光合率爲 E 期（成熟後期）。②三個年度兩稻種一、二期作光合率之平均值如圖 28A及D所示。最大光合率分別爲 TN-Ⅰ C期 125單位，TN-Ⅱ B期104單位，TC-Ⅰ B期147單位及 TC-Ⅱ B期 164單位等。均以E期爲最小。TN-1 A期，TC-ⅠA 及B期之光合率均低於二期作之相對期外，其他各生長期兩稻種之光合率一期作均高於二期作。③呼吸率(mg $CO_2$/hill/hr)其大小順序爲ⓐ TN-Ⅰ 70, TN-Ⅰ 68, TN-Ⅰ 69；ⓑTN-Ⅱ 69, TN-Ⅱ 70, TN-Ⅱ 68（圖26 B、E）；ⓒTC-Ⅰ 70, TC-Ⅰ 69, TC-Ⅰ 68；ⓓTC-Ⅱ69, TC-Ⅱ68, TC-Ⅱ70（圖27B、E）等。呼吸率受生長期變動之變化較光合率爲緩和。④比較兩稻種一、二期作平均呼吸率，除TC-Ⅰ A及B期略低於TC-Ⅱ外，一期作其餘各生長期的呼吸率均大於二期作之相對值很多。最大呼吸率分別爲 TN-Ⅰ C期 78單位，TN-Ⅱ B期 55單位，TC-Ⅰ C期75單位及TC-Ⅱ B期71單位等。⑤光呼吸率（mg $CO_2$/hill/hr）之大小順序爲ⓐ TN-Ⅰ 68, TN-Ⅰ 69, TN-Ⅰ 70；ⓑTN-Ⅱ 69, TN-

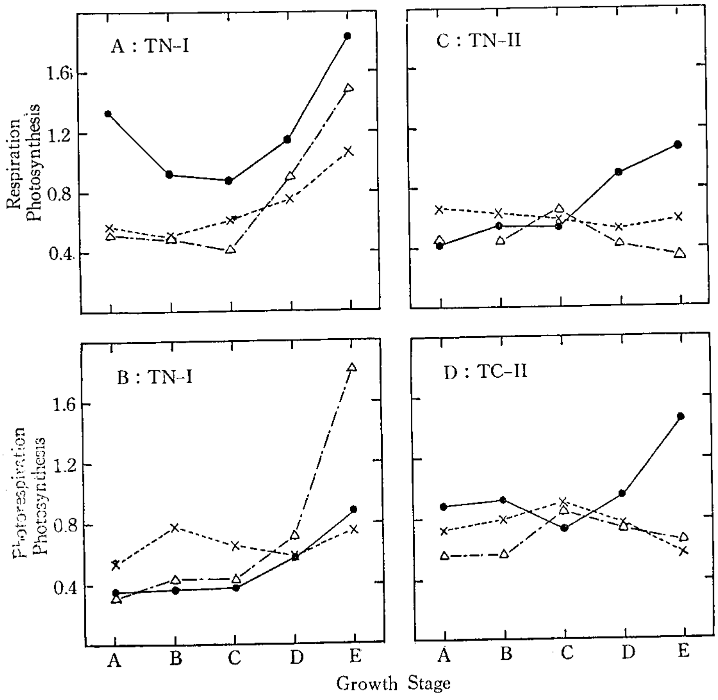



圖29. 臺南5號第一、二期作不同生育期之呼吸率及光呼吸率與光合率比值之年度變化。

Ⅱ 70, TN-Ⅱ 68（圖26C、F）；ⓒTC-Ⅰ 68, TC-Ⅰ 69, TC-Ⅰ 70；ⓓTC-Ⅱ 69, TC-Ⅱ 70, TC-Ⅱ 68（圖27C、F）等。同樣地，光呼吸率受生長期之變動影響較小。若比較兩稻種一、二期作平均之光呼吸率，TN-Ⅰ A、B及C期均低於相對之TN-Ⅱ；而TN-Ⅰ在D及E期均高於TN-Ⅱ。TC-ⅠA及B期低於相對之TC-Ⅱ，而後期在C、D及E期中TC-Ⅰ均高於TC-Ⅱ。最大光呼吸率分別為TN-Ⅰ B期50單位，TN-Ⅱ B期81單位，TC-Ⅰ B期77單位及TC-Ⅱ B期81單位等。其均以E期之光呼吸率為最低。

若比較68、69及70年度一、二期作稻光合率、呼吸率及光呼吸率三者間之比值（以光合率為分母），結果如圖29及30所示：①多數呼吸率與光合率之比值介於0.4～0.8之間，大於1者有ⓐ TN-Ⅰ 68E期，69 E期，70A、D及E期；ⓑTN-Ⅱ 70 E期；ⓒ TC-Ⅰ 70 E期；ⓓTC-Ⅱ 68D及E期（圖29A、C及圖30A、C）。通常二者之比值在C至E期有升高之趨勢，可能由於光合率降低之速率大於呼吸率所引起。比值大小順序分別為ⓐ TN-Ⅰ 70, TN-Ⅰ 69, TN-Ⅰ 68；ⓑTN-Ⅱ 70, TN-Ⅱ 69, TN-Ⅱ 68；ⓒTC-Ⅰ 70, TC-Ⅰ 69, TC-Ⅰ 68；ⓓTC-Ⅱ 68, TC-Ⅱ 69, TC-Ⅱ 70。若將三個年度之呼吸率與光合率之比值以一、二期作之平均值表示如圖31A及C：①數值介於0.5至0.8間，TN-Ⅰ大於TN-Ⅱ，同樣地，TC-Ⅰ也大於TC-Ⅱ（圖31A、C）。②TN-Ⅰ及TC-Ⅰ均呈凵字形變化，而TN-Ⅱ及TC-Ⅱ，數值之變化很緩和。③兩稻種最大之比值在E期，最低值則在B期。光呼吸率和光合率之比值與呼吸率和光合率之比值相似（圖29—30B及D），多數之數值也以E期為最大，如TN-Ⅰ 68E期可達1.73；TN-Ⅰ70 E期1.47及TC-Ⅱ 69 E期1.08，其他皆介於0.3至0.9之間。若比較兩稻種期作間之差異如圖31B及D所示：①TN-Ⅰ小於TN-Ⅱ；TC-Ⅰ與TC-Ⅱ數值相似，各生長期互有差異，兩稻種一期作之E期均大於二期作。

兩稻種二、一期（Ⅱ/Ⅰ）光合率，呼吸率及光呼吸率年度之比值變化很大（0.5～4.0）。若將三個年度之比值分別以一、二期之平均值表示如圖

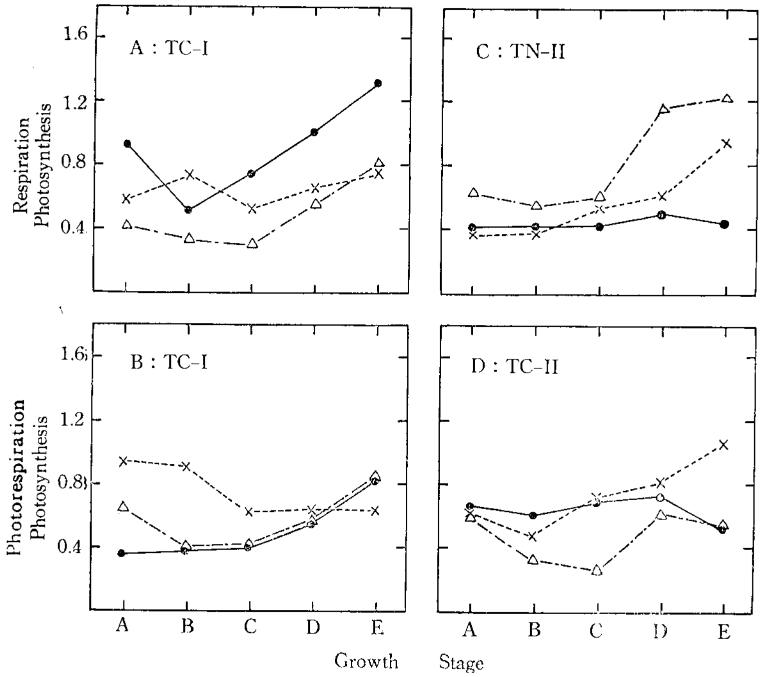



圖30. 臺中秈3號第一、二期作不同生育期呼吸率及光呼吸率與光合率比值之年度變化。

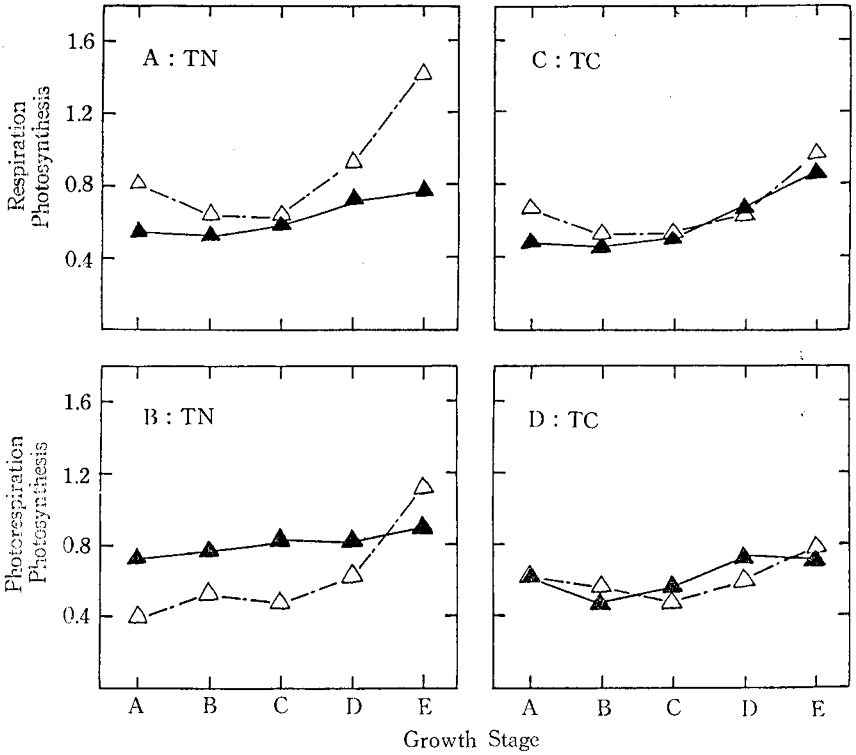



圖31. 水稻第一、二期作不同生育期呼吸率及光呼吸率與光合率比值年度平均值之變化。

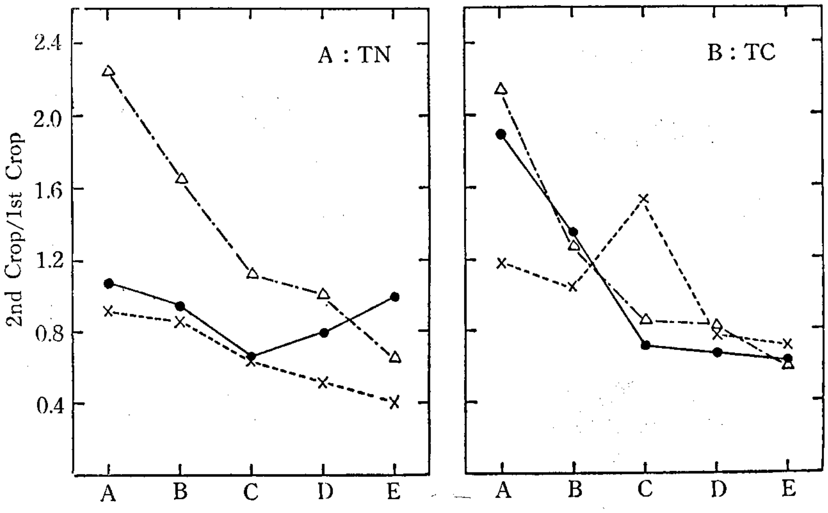



**圖32.** 不同生育期二、一期作稻光合率，呼吸率及光呼吸率比值之年度變化。

32：①TN 呼吸率及光呼吸率，Tc 光合率及光呼吸率之 II/I 比值自A期便急速下降至E期，例如TN 呼吸率自A期2.25下降至E期之0.65，二者相差三倍有餘，TN 光合率 II/I 之比值，以C期爲最低，TC 呼吸率之比值則以C期爲最高。

若將光合率、呼吸率及光呼吸率以單位葉面積

(mg/$CO_2$/$dm^2$/hr) 表示如圖 33—35，即把整欉水稻對 $CO_2$ 的交換率 (mg $CO_2$/hill/hr) 除每欉葉面積 ($dm^2$) 。若比較三個年度單位面積對 $CO_2$ 交換率，其間差異很大，如葉面積指數之變化一樣，其中以70年度之數值爲最大，這可能由於70年度兩稻種葉面積指數最小的緣故 (圖 5 — 6 ) 由於整

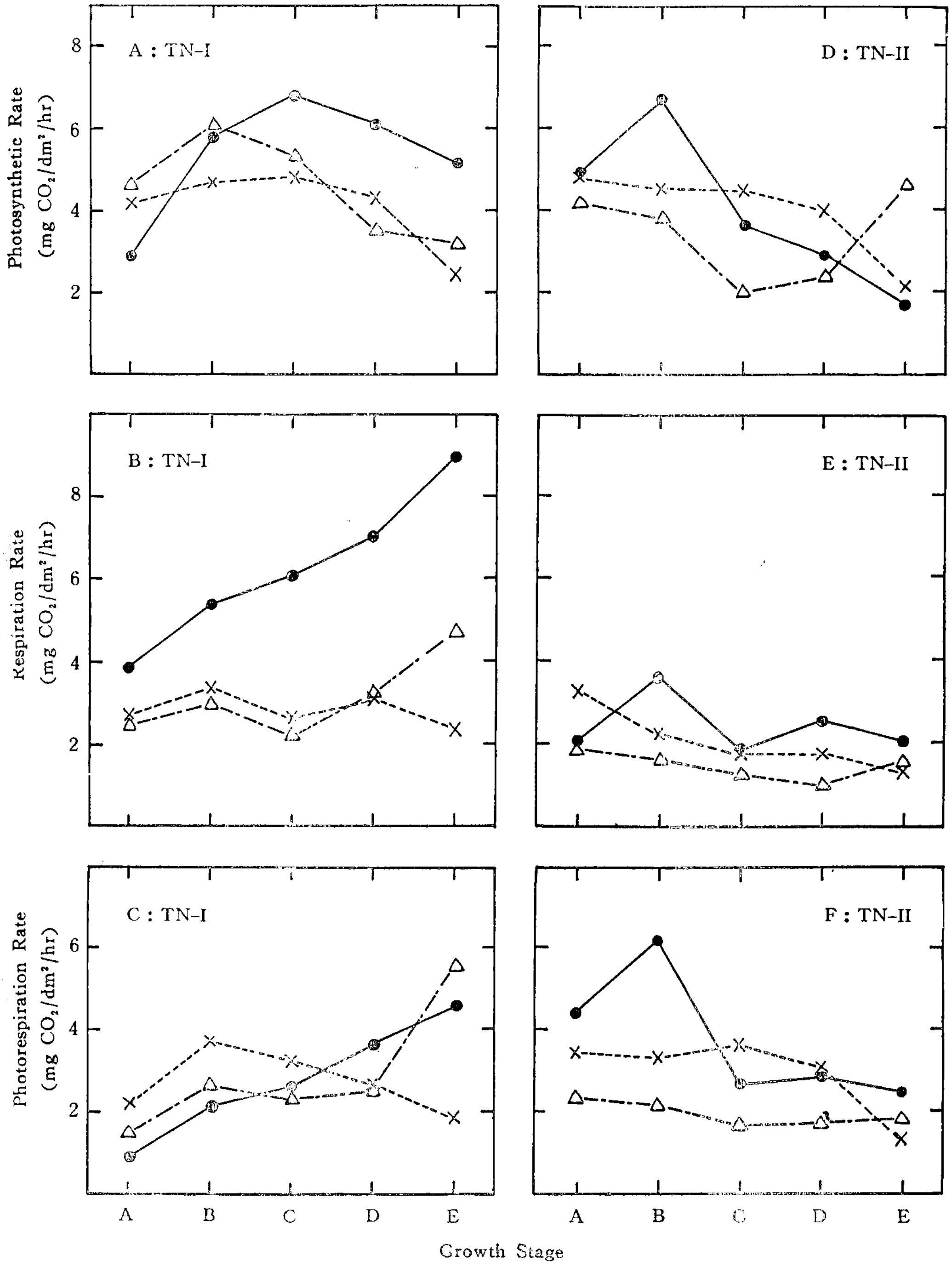



圖33. 第一、二期作嘉南5號單位葉面積光合率，呼吸率及光呼吸率之年度變化。

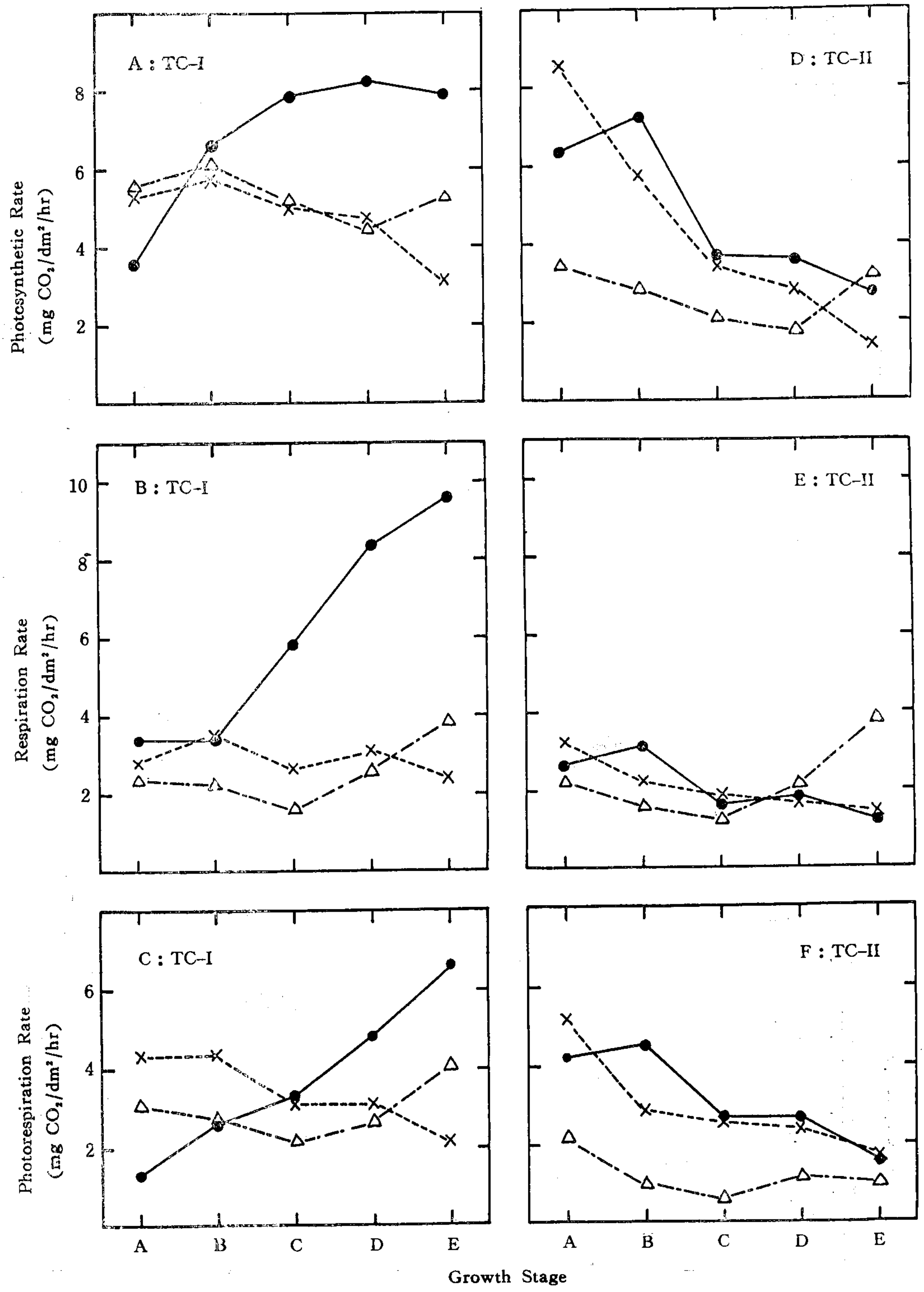



圖34. 第一、二期作臺中秈3號單位葉面積光合率，呼吸率及光呼吸率之年度變化。

欉不同部位之葉片相互間遮光，導致受光照機會減低，而提高單位面積之光合率，但整欉及單位葉面之光合率與生長期間之變化，二者相似，但有些呼吸率及光呼吸率如70年度之數值，二者之變化有幾期不同。若比較一、二期作年度平均值（圖35）可知：①兩稻種一、二期作中一期作A期之光合率低

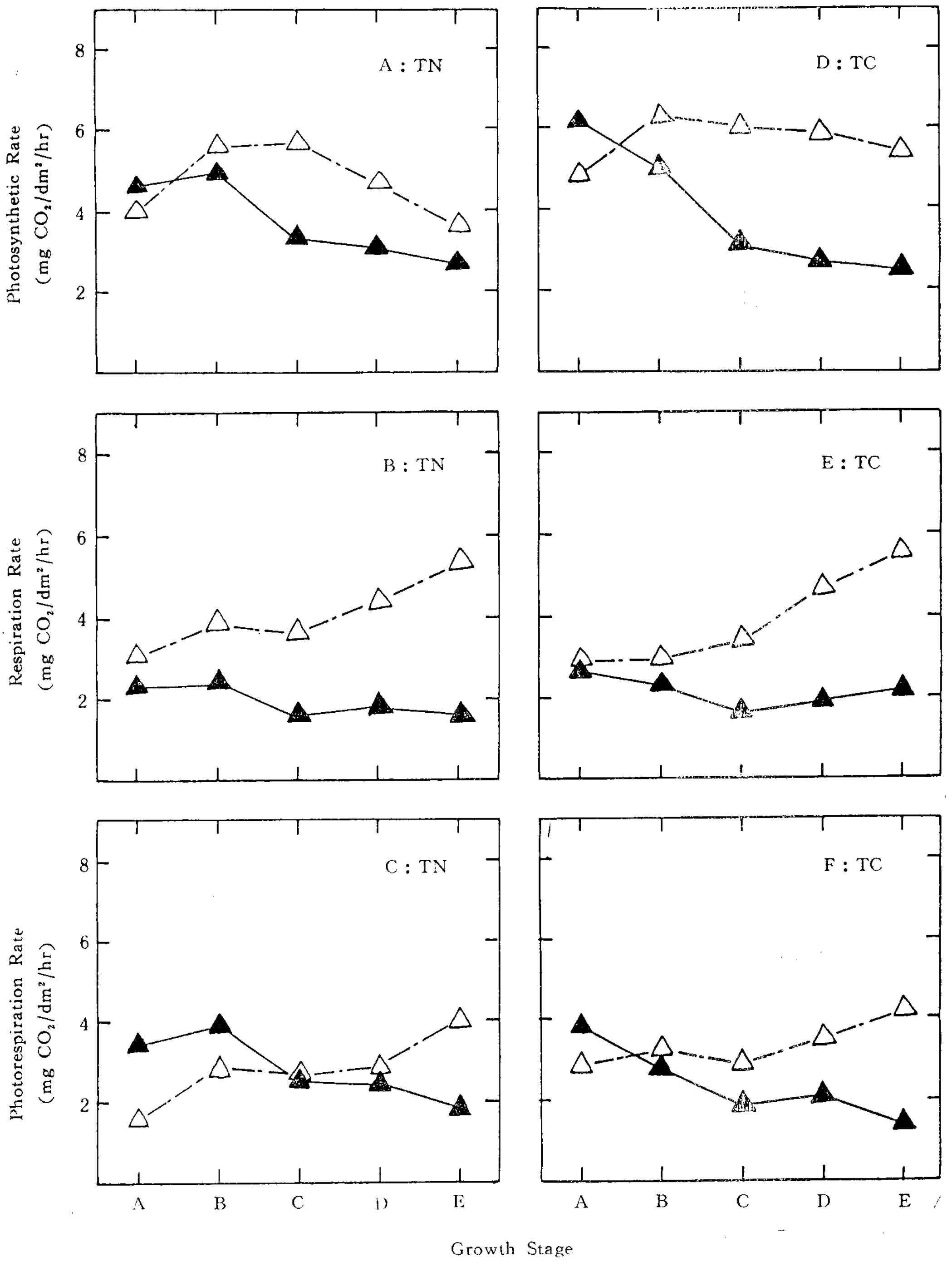



圖35. 水稻一、二期作單位葉面積光合率，呼吸率及光呼吸率年度平均值之變化。

於二期作，其他四個生長期一期作均高於二期作很多（圖35A、D）。②最大光合率（mg $CO_2/dm^2/$hr）分別為 TN-Ⅰ C期 5.7，TN-ⅡB期5.0，TC-Ⅰ B期6.3及 TC-Ⅱ A期 6.2等。③若比較 TN 及 TC 光合率及生長期間之變化，TN-Ⅰ 自 C期即以線形急速下降至 E期，TC-Ⅰ 則自 B期較緩慢地下降至 E期，可知 TN 植株高，自C羅迷，稈彎曲使稻葉在空間之排列不利於吸收光能，而急速降低單位葉面積之光合率，而 TC 植株較低，在各生長期均保持相似之株型，使各生長期葉片之曝光之機會一樣。所以降低單位葉面積之光合率僅由於葉片老化增加所致，兩稻種一期作之呼吸率及光呼吸率均由A期到E期方向增加；二期作反而降低，結果兩期間在E期相差最大（圖35），如呼吸率 TN-1 E期 5.3對 TN-Ⅱ E期 1.6，TC-Ⅰ E 期5.6對 TC-Ⅱ E期2.2；光呼吸率，TN-Ⅰ4

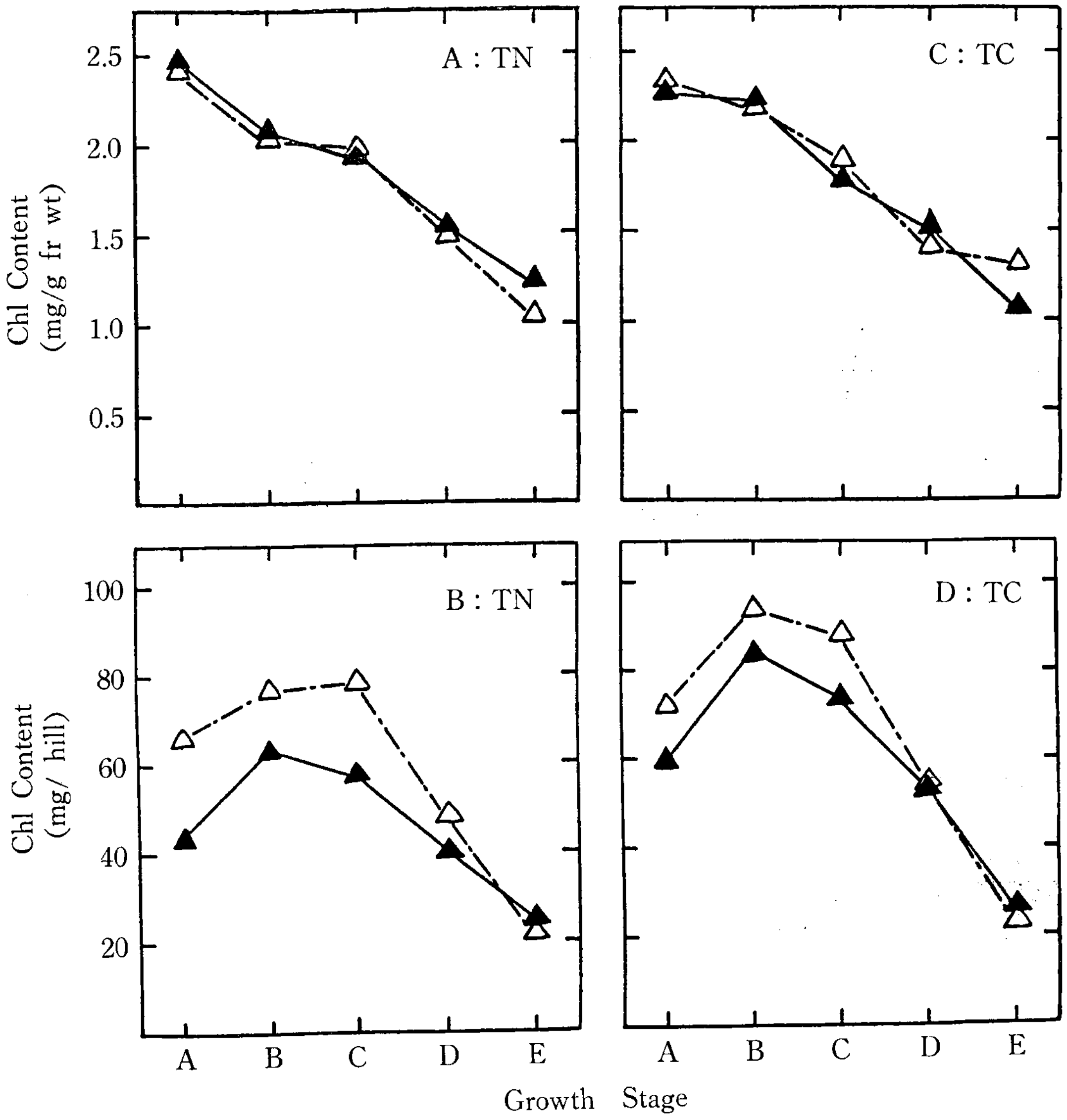



圖36. 水稻一、二期作整欉葉片及單位鮮重葉片葉綠素含量年度平均值之變化。

對 TN-Ⅱ 1.9 及 TC-Ⅰ4.2 對 TC-Ⅱ 1.9等。

（D）葉片葉綠素含量：

兩稻種一、二期三年度葉片葉綠素含量之平均值分別以 mg Chl/hill 及 mg Chl/g. fr. wt. 單位表示之（圖36）：葉綠素含量（mg Chl/hill）之變化隨其生長期之發展而變動，均由A期升高至B期，B、C期之間變化不大，可是從C期起呈線形急遽下降至E期最低，TN, TC 均是如此之變化。每稻欉最大葉綠素含量（mgChl/hill）分別爲：TN-Ⅰ C期79，TN-Ⅱ B期63，TC-Ⅰ B期94及 TC-Ⅱ B期84；而葉綠素含量均以 E 期最小：TN-Ⅰ 22, TN-Ⅱ 25, TC-Ⅰ 23 及 TC-Ⅱ 26（圖36B、D）。若將兩稻種一、二期作之葉綠素含量以 mg Chl/g fr wt 單位示之，一期作從 A 期至D期均高於二期作，但在 E期，二期作(TN-Ⅱ 25, TC-Ⅱ 26）均高於一期作（TN-Ⅰ 22, TC-Ⅰ 23）。

（E）產量構成要素：

兩稻種一、二期之收量，產量構成要素及其比值如表3所示。若比較三年平均，TN-Ⅱ 谷產量均低於 TN-Ⅰ 25%, TC-Ⅱ 低於TC-Ⅰ 28%。由產量構成要素分析比較之結果，兩稻種具有相似之變化：①一期大於二期20%以上者，有每欉穗數，每欉結實粒數、結實粒重及總粒重等四項。②一期作大於二期作10—20%者，有每欉總粒數，結實百分率，葉乾重及每欉總乾重等四項。③其他如千粒重及生產指數（總粒重/每欉總重）一、二期作相差均低於10%。

由表3可知，不同年度但同期作之產量有顯著之差異，TN-Ⅰ68、69、70 一期作產量（kg/ha）分別爲 6,341、5,069、4,742；二期作之產量分別爲 4,486、5,069、2,616；68 年度二期作產量較一期作降低29.3%，69年度一、二期作相同，70年度降低了44.8%。三年度一、二期作間之差異相差甚大，此間之差異可能由於環境因子及栽培技術之差異而造成。有些研究報告只以單一年度一、二期作產量之差異做比較，較難顯示出期作間眞正之差異（吳等，1976；Gaastra, 1963）。本實驗以三年度之平均值做比較，TN-Ⅱ 低於 TN-Ⅰ 22%，TC-Ⅱ 低於 TC-Ⅰ 26%，皆合於一般之，比率（20%—29%）（鄔等，1975）。且平均產量高於全省稻作平均產量（稉稻一、二期產量分別爲 4,000 及 3,200 kg/ha；秈稻一、二期產量分別爲 3,900 及 2,950 kg/ha）（鄔等，1975），故以本實驗之數值來分析更具價值與可靠性。

水稻之產量由每欉穗數、結實百分率、千粒重與每欉總粒數等因素構成，根據研究所得之資料（表3）：TN-Ⅱ 之產量低於 TN-Ⅰ 22%；每欉穗數減少22%；每欉總粒數減少26%；結實百分率減少20%；而千粒重却增加8%。TC-Ⅱ 之產量低於 TC-Ⅰ 26%，每欉穗數減少 26%；每欉總粒數減少12%，結實百分率減少16%，千粒重只降低5%。依秈、稉稻而言，二期作產量降低之原因可歸納爲由於每欉穗數（分別降低26%及22%）與結實百分率（分別降低16%及20%）之降低所致，每欉總粒數之降低亦與產量降低有關（分別降低12%及14%），但千粒重則與產量之降低無直接之關係。

導致二期作低產之三個因素：每欉穗數、結實百分率與每欉總粒數之降低在環境因子中受氣象因素影響最大，因爲氣溫與光度可直接影響到株高、穗長、穎花數、分蘗數及穀粒之充實（結實率），由於二期作在生育後期日照不足而造成產量之降低（鄔等，1975）。根據本實驗，二期作低產之因素有下列數點：①年度間 TN-Ⅱ 及 TC-Ⅱ 之谷產量與成熟期株高成反比（圖1），同樣地，年度平均株高一期作低於二期作（圖2），株高太長，使株型改變，受光之效率減低，而不利於光合作用之進行（Yoshida, 1972）。② TC-Ⅱ 分蘗數雖高於 TC-Ⅰ（圖4B），但有效分蘗數（每欉穗數），TC-Ⅱ 反低於 TC-Ⅰ（表3），可能由於淨同化率在二期作不足以滋養所有之分蘗，而造成部分分蘗不能成穗（Penning De Vries, 1975）③成熟期兩稻種 LAI 減少之速率，二期大於一期（圖9—10, A），是由於二期作枯葉率大於一期作。④成熟期兩稻種年度間及年度平均，一、二期之生物質持久性（BMD）高，則產量也相對提高（圖5—10，C及表3）。⑤自最大分蘗期至收穫，一期作之淨同化率大於二期作者約爲一倍，特別於成熟後期，二者之相差最大（圖15、16），同樣，一期作稻之相對成長率及作物生長率皆大於二期作稻。⑥最大分蘗期淨光合率，TN-Ⅰ 低於 TN-Ⅱ，但自

孕穗期後，TN-Ｉ則大於 TN-Ⅱ 。TC-Ｉ 僅於成熟後期淨同化率才高於 TC- Ⅱ，同時同化物輸送至谷粒之量，TC-Ｉ大於TC-Ⅱ，但 TC-Ⅱ藥貯存之養分輸送至谷粒之量大於TC-Ｉ(林與蘇，1976；Hesketh and Jones, 1980)

由生長分析法所得之數值，多數顯示兩稻種生長及發育之差別： TN-Ｉ 於成熟前期及後期就大於TN-Ⅱ，而 TC-Ｉ則於成熟後期才高於TC-Ⅱ。這主要原因之一是因為 TC-Ⅱ 在Ｅ期根部衰敗之速率快且明顯（林，1981），而導致葉部之凋萎率急速提高，光合率低於呼吸率，致使淨同化率變成負值。

## 誌　謝

本實驗期間，承蒙本系陳清義及翁仁憲教授協助管理水稻及李瑋先生協助整理資料，謹誌謝忱。

## 引用文獻

1.陳明義、陳清義・1979・臺灣中南部稻田微氣象之研究。中華民國農學團體68年度聯合會特刊。69—83頁。

・林安秋、蘇新・1976・第二期稻作低產原因之研究Ⅱ一、二期水稻羣落光合作用之比較。科學發展月刊 4：53—57。

3.林美麟、戴國興・1979・屏東地區一、二期稻作光合成物質聚積之變化及其稻穗成長過程之比較研究。科學發展月刊 7：394—400。

4.謝昱暲・1978・硝酸態氮及氨態氮對水稻羣落光合作用構成因子與產量構成因素的影響。科學發展月刊 6：828—841。

5.謝順景、劉大江・1979・臺灣二期作稻低產原因及其解決方法。行政院國科學委員會研討會專集（二）。

6.吳育郎等・1976・臺灣南部二期水稻低產原因及其改進措施。科學發展月刊 4：18—24。

7.鄔宏潘等・1975・第二期稻作低產原因之探討。科學發展月刊 3：1823—1857。

8.賴光隆、侯清利・1976・關於稻根生理、生態之研究—不同類型水稻生育時期根部活力之診斷及其應用。中華農學會報新95：7—23。

9.楊居成・1981・控制生長環境下測定一、二期作稻光合作用及光、暗呼吸作用。理工學報27：175—190。

10.朱鈞、郭華仁、邱淑芬・1980・一、二期水稻發展中穀粒乾物質之蓄積與充實特性。科學發展月刊 8：414—427。

11.林安秋・1981・氣溫及日照強度對水稻光合成物質之轉運與分配的影響。科學發展月刊 9：965—974。

12. Gaastra, P. 1963. Climatic control of photosynthesis and respiration. *In* Environmental control of plant growth (L. T. Evans ed.). Academic Press, Inc. p. 113.

13. Gifford, R. M. and L. T. Evans. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning, and yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 32 : 485-509.

14. Hesketh, J. D. and J. W. Jones. 1980. Integrating traditional growth analysis techniques with recent modeling of carbon and nitrogen metabolism. *In* Predicting photosynthesis for ecosystem models (J. D. Hesketh and J. W. Jones eds.). CRC Press, Inc. p. 51.

15. Ishizuka, Y. 1978. The rice yield competition in Japan. FFTC Technical Bulletin No. 109, Taipei , Taiwan.

16. Ishizuka, Y. 1973. Rice growing in a cool environment. FFTC Taipei , Taiwan.

17. Sestak, Z, J. Catsky and P. G. Jarvis. 1971. Plant photosynthic production. The Hague, Inc. the Nethexlands.

18. Murata, Y. and S. Matsushima. 1975. Rice. In Crop Physiology (L. T. Evans ed.). Cambridge University Press.

19. Penning De Vries, F. W. T. 1975. Use of assimilates in higher plants. *In* Photosynthesis and productivity in different environments (J. P. Cooper ed.). Cambridge University Press.

20. Tanaka, A. 1972. The relative importance of the source and sink as the yield-limiting factors of rice. FFTC Technical Bulletin No. 6. Taipei , Taiwan.

21. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1982. Physiological studies of rice tillers, I. partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbonhydrates during grain-filling. Proc. Natl. Sci. Counc., ROC (A) 6 : 190-196.

22. Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 23 : 437-464.

23. Zelitch, I. 1980. Measurement of photorespiratory activity and the effect of inhibitors. *In*

Photosynthesis and nitrogen fixation. Part C. Methods in enzymology Vol. 69, p. 453. (A. S. Pietro ed.). Academic Press, Inc.

# The Photosynthesis and Respiration of Rice Cultivars*

Jiu-sherng Yang

*Department of Botany*
*National Chung-Hsing University*
*Taichung, Taiwan 400*
*Republic of China*

## Summary

The growth analysis, $CO_2$ exchange rate, and yield main components of the first and second season Tainan No. 5 and Taichung Sen No. 3 rice cultivars were determined for three year period. The results indicated that : (1) The similar tendency of dry weight change for year period was higher than the season change. (2) The grain yield of the second season rice was lower than the first season one. The reason was the low net assimilation rate of the second season rice. This led to the small yield main components, such as number of panicles, total number of ripened grains, weight of ripened grains, and total weight of grains.

*Supported bya grant 1980-5.1-080 (2—10), 1981-5.1-06 (2—10) and 1982-4.1-47 (2—12) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 期作間水稻光合成物質供需平衡關係之比較*

陳建山　魏夢麗　劉大江

臺灣省農業試驗所農藝系

## 摘　要

於水稻分蘖盛期至完全成熟止，每週採取水稻分蘖，自上至下依節位區分葉片、葉鞘與莖，穗部為另一單位，測定全氮與非構造性碳水化合物（TNC）之濃度與含量，以瞭解水稻之生產潛能與可能之限制因子。

稻株抽穗期之葉片與葉鞘乾重以二期作稍高，但全株乾重則較一期作略低；成熟期一期作之全株與穗乾物量分別較二期作高19.3%與23.0%，顯示較旺盛之光合成能力與有效之乾物質分配。

抽穗時與穀粒有效充實期間之葉片氮素濃度均以二期作為高；就稻株含氮量而言，抽穗時二期作超過一期作達26.2%，成熟時則一期作反較二期作多27.3%，表示第二期作水稻生育後期根吸收活力降低，葉片快速老化；而且係氮素組成，而非濃度，為影響二期作稻生理的重要原因。水稻抽穗前，葉鞘具有貯存多量碳水化合物功能，但抽穗後隨養份之再分配而喪失貯藏功能。一期作水稻屆成熟時，莖部仍含有30%以上之碳水化合物，二期作則濃度幾近於零。就量之變化而言，抽穗時一期作稻株內非構造性碳水化合物含量較二期作高24.5%，成熟時高44.6%，明顯表示生成量與分配效率差異。上述結果配合一期作較高之穗碳水化合物濃度，可推定一期作之貯蓄（sink）容積為產量限制因子，二期作則貯蓄與供源(source)並為限制因子。

## 緒　言

本研究室以往的試驗報告顯示（Liu, 1979；Chen *et al*., 1980），期作間水稻非構造性碳水化合物（total nonstructural carbohydrates, TNC）及氮素之分佈與累積的差異，可能是引起二期水稻低產的重要因子。水稻生殖生長期葉片的氮素濃度，二期作常高於一期作，然而許多與氮素有關的生理特性，如葉綠素濃度、光合作用能力及生長速率又以一期作較高（Lin and Chen, 1976；Lin and Su, 1976；Shieh, 1979）；因而提出假說，即對二期作水稻產量與生理表現而言，氮素的組成遠比濃度重要。

乾物質的累積與有效性碳水化合物的生成為植物光合作用之直接結果；水稻將太陽能轉變成化學能的能力如何，近年來已受到學者的重視。Lin and Su (1976) 指出，二期作水稻因處於不良的環境下，所以光合作用活性較低；Lin and Tarn (1979) 更指出，二期作水稻的 $^{14}C$ 同化物質轉運效率較低且不完全。然而，二期作稻之光合成物質生成量是否足以供應植株的需求，則仍缺少瞭解。換言之，欲對臺灣水稻栽培做更進一步改良之前，必須探討積儲（sink）大小與供源（source）能力間的平衡關係。

Evans (1972) 認為，限制穀類作物產量的原因可由三方面來分析：㈠植株開花後的同化作用能力可能限制產量，㈡產量可能為穗部的儲蓄能力所限制，㈢轉運系統轉同化物質的能力，可能在積儲與供源之間受到某些限制。Muchow and Wilson (1976) 發現，有些高粱品種的產量完全受供源所

*行政院農業發展委員會補助計畫70農建—5.1—產—06（2—15）。

限制，而部份品種則受到積儲與供源兩者限制。此外，Murata (1965, 1969) 的試驗資料指出，由於期作的不同，限制水稻產量的因子可能是生產同化物質的能力，或是積儲的大小。

臺灣水稻在一、二期作不相同的環境下生長，其積儲與供源之間的關係如何，尚無資料可尋。本試驗目的在探討有關水稻產量的限制因子，即氮素和有效性碳水化合物的需求與供給間的關係。我們希望本試驗的結果，能提供將來水稻生理或育種研究的參考。

## 材料與方法

本試驗採用粳稻臺南5號與秈稻臺中秈5號爲材料，種植於臺灣省農業試驗所試驗田區。以200 g種子播種於 60×30×3 cm 之木製育苗箱內，至秧苗葉齡達3.5—4.5時以機插方式移植。本田係坋質壤土，行株距30×15 cm。試驗採完全逢機區集設計，每小區面積7×12 m，三重複。69年一期作於三月三日移植，二期作於八月五日移植。移植前本田 N-P-K 用量，一期作爲40-60-50 kg/ha，二期作30-60-50kg/ha，此外，每期作施追肥兩次，用量爲 30kg/ha 之氮素。

於水稻最高分櫱期至正常收穫期（抽穗後五週）後一週期間，每隔一星期取樣一次，每次在每小區內採取全株水稻四株，經水洗後選取約80個大分櫱，僅保留植株之地上部份。而後自穗部起，依次分爲第一、二、三與四節位，最上部的節屬於第一節位，第四節與以下的節屬於第四節位，每節位又區分爲葉片、葉鞘、稈三部位，抽穗期以後，穗與穗頸也依此方法區分。

樣品置於 100°C 通風乾燥箱二小時後，再以 70°C 乾燥24小時，Raguse and Smith (1965) 指出，此種乾燥法處理後所測得的 TNC 含量與冷凍乾燥法所測得的結果相似。烘乾之水稻樣品經測定乾物重後，再使用40目篩以 Wiley mill 磨粉，供化學分析用。TNC之測定依照Smith (1969) 法進行，樣品磨粉後於40°C下以takadiastase（主要是 amylase，美國 Miles Laboratories. Inc. 出品）水解44小時，然後再依 Shaeffer-Somogyi 的 Copperiodometric 法測定還原醣。氮素依 Semi-micro Kjeldahl 法測定。

## 結　　果

第一、二期作臺南5號水稻生育期間，第一、三節位葉片與葉鞘內氮素濃度之變化列於圖1。一般而言，上節位葉片氮素濃度均高於下節位葉片，氮素濃度的最高峰，一期作出現於移植後 (days after transplanting, DAT) 15天 (2.77—3.09%)，即最高分櫱期前後，二期作出現於 49 DAT (2.81—3.45%)，即減數分裂期。値得注意的是，二期作稻抽穗期葉片氮素濃度 (2.18—3.00%) 遠高於一期作 (1.45—2.45%)，唯當植株接近成熟時，葉片氮素濃度降低的速度也以二期作爲高。

由圖1得知，葉鞘氮素濃度顯著低於葉片之氮素濃度。在幼穗分化階段，第一節位葉鞘氮素濃度兩倍於下節位葉鞘，唯此種差異在抽穗期以後並不顯著。此外，二期作之葉鞘氮素濃度也較一期作爲高。

臺南5號水稻莖部氮素濃度變化（資料未列出）與葉鞘之結果相似，第一、二期作的最高濃度分別出現於 44 DAT 與 49 DAT。幼穗分化期以後莖部氮濃度急劇下降，在抽穗期時一期作顯著低於二期作；穀粒充實期間，第一、二期作之濃度分別介於0.2—0.4%與0.3—0.8%之間，在同一取樣時期，上節位莖部氮濃度高於下節位之濃度。

第一、二期作臺中秈5號水稻生育期間，第一、三節位葉片與葉鞘氮素濃度亦示於圖1。與臺南5號不同者爲臺中秈5號在抽穗期之葉片氮濃度未顯示出期作間之明顯差異，但在穀粒充實期間，葉片之氮素濃度則以二期作較高。

兩品種水稻穗部氮濃度之變化列於圖3。就臺南5號而言，除抽穗期以二期作 (1.38%) 顯著高於一期作 (0.95%) 外，在穀粒充實全期則均相近，介於0.8—1.0%之間，臺中秈5號之表現亦相似。自抽穗以後。穗部之氮濃度均有隨穀粒充實而降低之趨勢，唯變化並不明顯。

一期作臺南5號水稻葉片 TNC 濃度（資料未列出）在 44 DAT 至 65 DAT 之間變化極不規則，幅度介於 5 —13%，而於抽穗期出現最低値 (3.5—3.8%)，此後TNC濃度呈緩慢而穩定之趨勢上升，直至成熟期爲止，但若於正常收穫（抽穗後5週）後任植株留置田間一週，則 TNC 濃度又趨下降

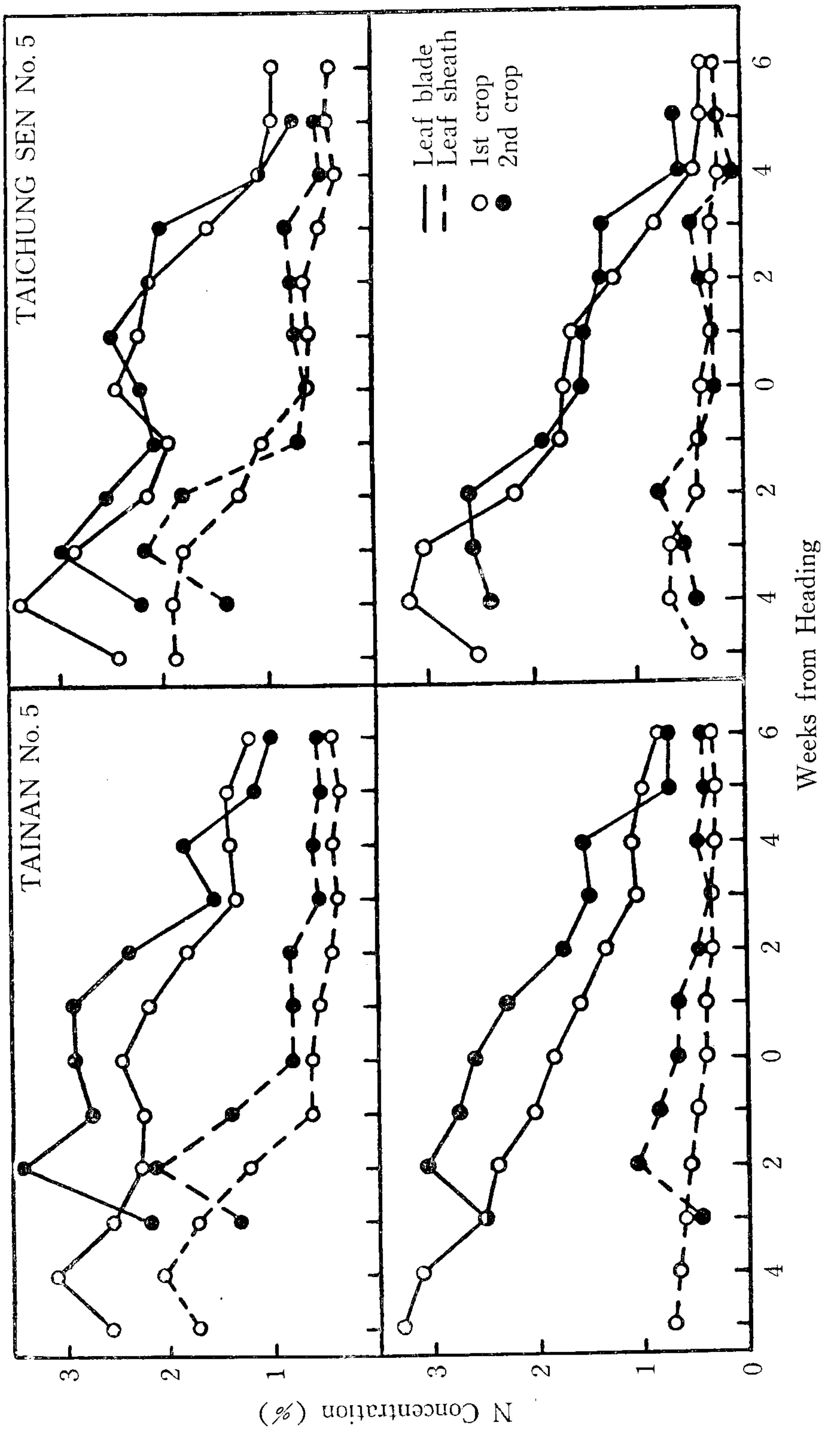



**Fig. 1.** Nitrogen concentration (%, dry basis) of the developing leaf blades and leaf sheaths from the first (upper figures) and third (lower figures) nodes of rice tillers

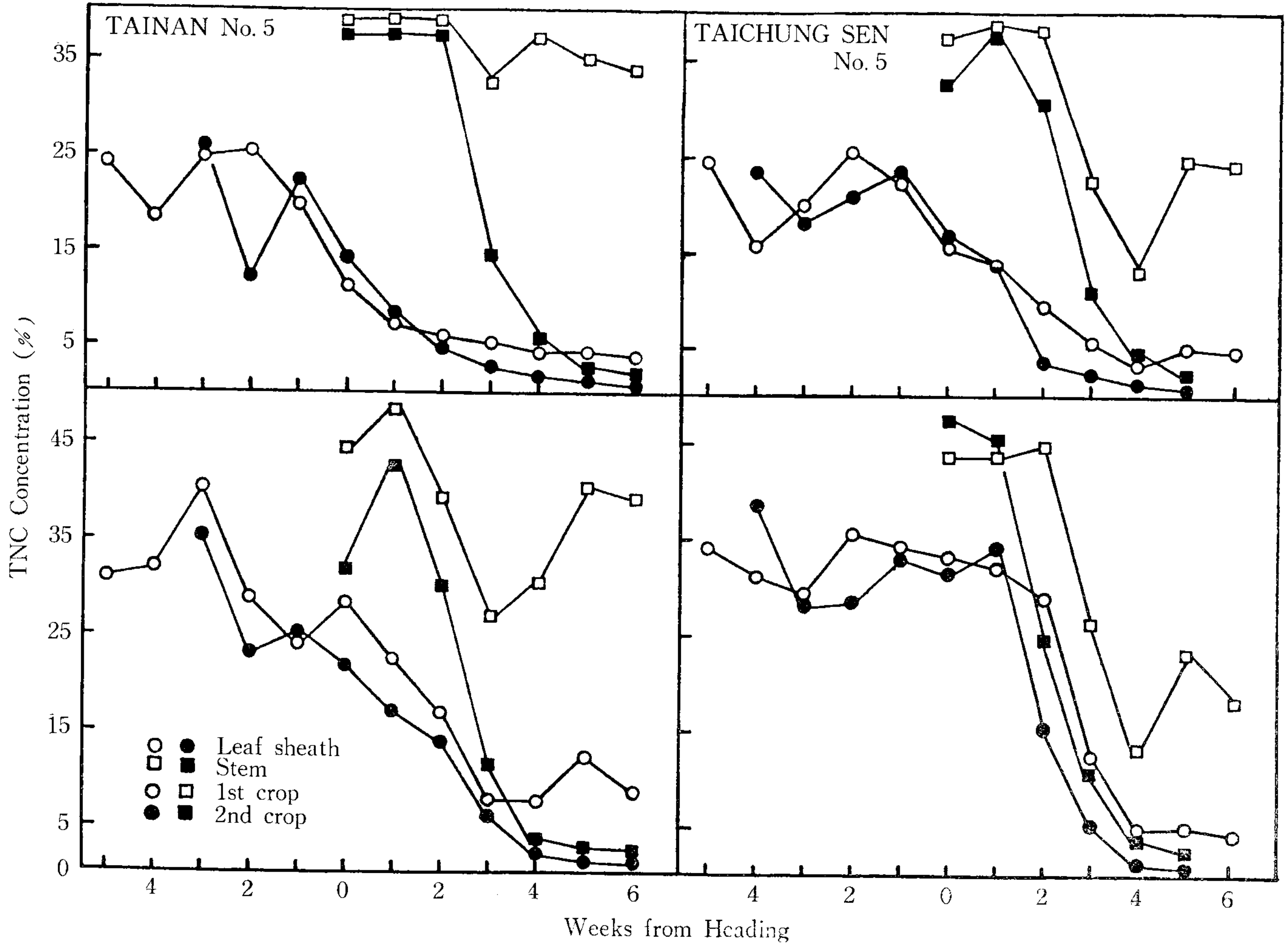



**Fig. 2.** Concentration (%, dry basis) of total nonstructural carbohydrates (TNC) of the developing leaf sheaths and stems from the first (upper figures) and third (lower figures) nodes of rice tillers

。二期作之變化情形不同，雖然幼穗形成期間亦呈大幅度之升降，但抽穗時第一節位葉片 TNC 濃度（5.1%）高於低節位葉片（2.6—3.0%），其後差異更形增大，至成熟期濃度最低。期作比較則以一期作之葉片 TNC 濃度較高。

第一、二期作臺南 5 號葉鞘內之最高 TNC 濃度相近，在二期作爲 42 DAT之 25.4—35.3%，一期作爲 58D AT 之35.2—39.7%(圖 2)，濃度隨後漸趨下降。除了第一節位葉鞘以外，低節位葉鞘 TNC 濃度在抽穗期以一期作爲高；穀粒充實期間，兩期作均呈下降趨勢，但程度差異頗大，降低之速度以一期作較緩，且成熟時仍高達 4.8—11.9%，二期作則降低甚速，成熟時僅含有0.9—1.5%之非構造性碳水化合物。

圖 2 同時顯示，一期作水稻莖部濃度逐漸上升，抽穗期並高達 42—48 %，其後之降低速度若與葉鞘比較，則甚爲緩和，抽穗後 29 至 35 日（108至114 DAT)之間，濃度並又上升。第一節位莖部之最後濃度爲8.3%，低節位高達 35.0—40.0%。就第二期作臺南 5 號水稻而言，莖部 TNC 濃度之降低在抽穗後二週內雖亦緩和，但其後則極爲快速，成熟時之濃度甚低，僅爲1.9—2.6%。

臺南 5 號穗部 TNC 之累積在抽穗後三週內即接近最高值，一期作成熟之穗部 TNC 濃度爲 65.6 %，二期作較低，爲 54.3%（圖 3）。

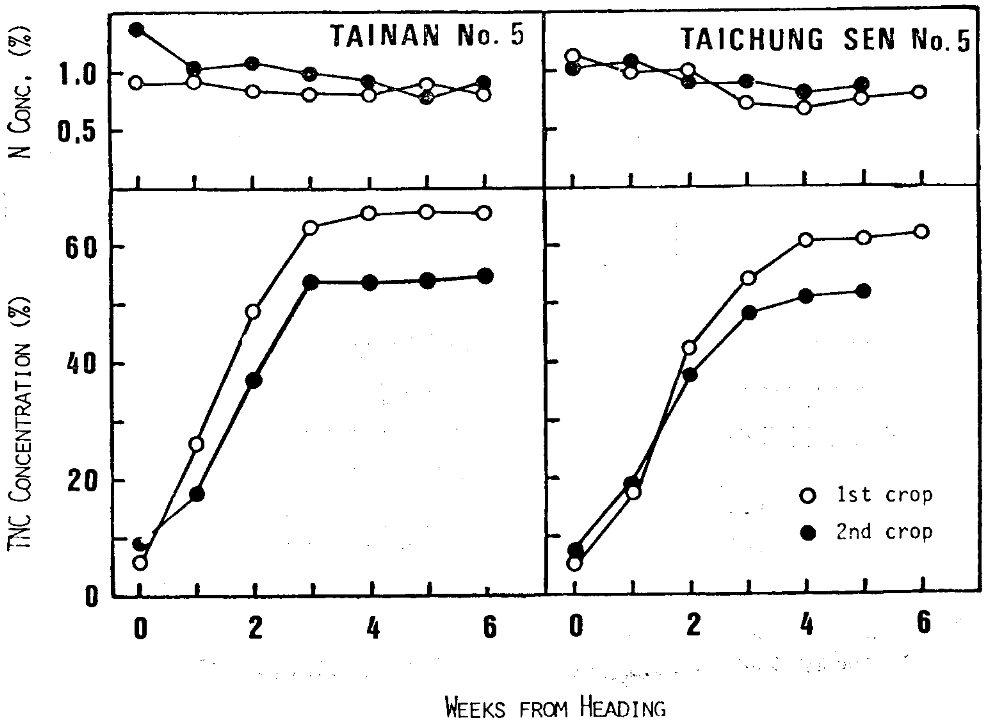



**Fig. 3.** Concentrations (% dry basis) of nitrogen and total nonstructural carbohydrates of the developing panicles of rice tillers

臺中秈 5 號各部位植株之 TNC 濃度示於圖 2 及圖 3，大致而言，其變化趨勢與臺南 5 號相似，但在生育初期，臺中秈 5 號在葉鞘與莖部可累積更多之 TNC，例如抽穗時第二至第四節位葉鞘在一期作之 TNC 濃度爲31.6—33.6%，二期作爲28.2—32.0%，均顯著高於臺南 5 號之25.3—27.9%與21.4—21.5%。莖部之表現亦相類似。但抽穗以後臺中秈 5 號水稻葉鞘與莖部 TNC 濃度之下降亦較快速，一期作成熟時約爲24%，較臺南 5 號低11—16%，二期作之品種間差異則較不顯著。

水稻分蘗不同部位組織之乾物重示於表 1，就臺南 5 號而言，抽穗期每 100 個大分蘗（以下同）之乾物重在一期作爲 244 g，二期作爲 233 g。一期作成熟時之乾重爲383 g，淨增加 139 g，而二期作之增加量僅爲 77g。臺中秈 5 號於一期作自抽穗時之 318 g 增至成熟時之 486 g，二期作自 313 g 增爲 393 g。以上資料顯示穀粒充實階段，一期作之乾物質生成量遠超過二期作。

表 1 同時顯示抽穗時二期作稻葉片與葉鞘之乾物重較一期作爲高，但莖重則較低。當水稻逐漸接近成熟，葉片與葉鞘之乾重亦隨之降低，尤以二期作爲甚（臺南 5 號與臺中秈 5 號分別爲 66.7 g 與 74.9 g），一期作較少（二品種分別爲 56.1 g 與 68.9 g）。在穀粒充實時期，臺南 5 號之莖重變化甚小，而臺中秈 5 號在一期作增加 9.8 g，二期作則降低 10.0 g。此外，穗部乾重在此一階段急速上升，例如臺南 5 號一期作之增加爲 191.7 g，二期作爲143.2 g，臺中秈 5 號分別爲 226.3 g 與 170.2 g（表 1）。

**Table 1.** Changes in dry weight (g/100 large tillers) of rice tillers from heading to maturity

| Crop Season | Plant Fraction | Tainan No. 5 | | | Taichung sen No. 5 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Heading | Maturity | Difference | Heading | Maturity | Difference |
| First | Leaf blade | 54.1 | 33.4 | − 20.7 | 65.6 | 41.4 | − 24.2 |
| | Leaf sheath | 93.3 | 57.9 | − 35.4 | 119.4 | 75.0 | − 44.4 |
| | Stem | 67.3 | 70.1 | + 2.8 | 87.6 | 97.4 | + 9.8 |
| | Panicle | 29.7 | 221.4 | + 191.7 | 45.8 | 272.1 | + 226.3 |
| | Total | 244.4 | 382.8 | + 138.4 | 318.4 | 485.9 | + 167.5 |
| Second | Leaf blade | 59.2 | 37.9 | − 21.3 | 71.4 | 42.5 | − 28.9 |
| | Leaf sheath | 101.2 | 55.8 | − 45.4 | 124.5 | 74.0 | − 50.5 |
| | Stem | 44.7 | 44.9 | + 0.2 | 71.8 | 61.8 | − 10.0 |
| | Panicle | 27.5 | 170.7 | + 143.2 | 44.9 | 215.1 | + 170.2 |
| | Total | 232.6 | 309.3 | + 76.7 | 312.6 | 393.4 | + 80.8 |

雖然抽穗時之全分蘗乾物重未顯示明顯的期作性差異，臺中秈 5 號却較臺南 5 號多累積23—26%之乾物質；唯穗部乾重增加之比較，臺中秈 5 號僅高15%，就兩品種而言，抽穗以後至成熟期間，一期作營養器官內乾物質之減少量佔穗乾重增加量之26.0—27.8%，二期作時則高達46.4—52.5%，顯示抽穗前預貯物質對二期作水稻較爲重要，如不考慮呼吸作用導致之損耗，預貯物質最高可貢獻50%之穗重。

表 2 顯示同一期間水稻分蘗氮含量的變化。不論期作或品種，抽穗時葉片內含氮最多，成熟時則主要集中於穗部。穀粒充實過程中，葉片、葉鞘與莖部之含氮量減少，二期作最爲顯著。一期作臺南 5 號營養器官內含氮量減少 1,040 mg(每100個大分蘗爲單位)，穗部之增加量爲1,710 mg，即淨增加670 mg，二期作之數值則分別爲減少1,750 mg，增加970 mg，淨損失780 mg。一個值得重視的現象爲臺南 5 號一期作抽穗時之含氮量較二期作少25.6%，成熟時反多36.0%。臺中秈 5 號之變化趨勢相似；如考慮乾物量之差異，則兩品種間之比較顯示臺中秈 5 號之含氮量較臺南 5 號爲少，尤以二期作爲然；此外。成熟時臺中秈 5 號水稻分蘗內含氮量之期作性差異較臺南 5 號爲小。

水稻分蘗生產非構造性碳水化合物之能力示於表 3。雖然臺南 5 號一期作抽穗時之乾物重僅較二

**Table 2.** Changes in amount of nitrogen (mg/100 large tillers) in rice tillers from heading to maturity

| Crop Season | Plant Fraction | Tainan No. 5 | | | Taichung sen No. 5 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Heading | Maturity | ifference | Heading | Maturity | Difference |
| First | Leaf blade | 1,110 | 390 | − 720 | 1,030 | 330 | − 750 |
| | Leaf sheath | 440 | 190 | − 250 | 540 | 240 | − 300 |
| | Stem | 260 | 190 | − 70 | 330 | 210 | − 120 |
| | Panicle | 280 | 1,990 | + 1,710 | 510 | 2,150 | + 1,640 |
| | Total | 2,090 | 2,760 | + 670 | 2,460 | 2,930 | + 470 |
| Second | Leaf blade | 1,540 | 370 | − 1,170 | 1,120 | 300 | − 820 |
| | Leaf sheath | 630 | 240 | − 410 | 530 | 240 | − 320 |
| | Stem | 240 | 70 | − 170 | 370 | 120 | − 250 |
| | Panicle | 330 | 1,330 | + 970 | 490 | 1,740 | + 1,250 |
| | Total | 2,810 | 2,030 | − 780 | 2,540 | 2,400 | − 140 |

**Table 3.** Changes in amount of total nonstructural carbohydrates (g/100 large tillers) in rice tillers from heading to maturity

| Crop Season | Plant Fraction | Tainan No. 5 | | | Taichung sen No. 5 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Heading | Maturity | Difference | Heading | Maturity | Difference |
| First | Leaf blade | 2.0 | 2.0 | − 0.0 | 4.3 | 2.6 | − 1.7 |
| | Leaf sheath | 21.1 | 5.1 | − 16.0 | 35.8 | 4.5 | − 31.3 |
| | Stem | 28.1 | 22.6 | − 5.5 | 37.4 | 22.4 | − 15.0 |
| | Panicle | 1.9 | 145.3 | + 143.4 | 2.6 | 165.2 | + 162.6 |
| | Total | 53.1 | 175.0 | + 121.9 | 80.1 | 194.7 | + 114.6 |
| Second | Leaf blaed | 2.0 | 0.8 | − 1.2 | 2.2 | 0.8 | − 1.4 |
| | Leaf sheath | 19.9 | 0.7 | − 19.2 | 24.9 | 1.5 | − 23.4 |
| | Stem | 15.5 | 1.0 | − 14.5 | 22.6 | 2.1 | − 20.5 |
| | Panicle | 2.7 | 95.3 | + 92.6 | 4.4 | 116.8 | + 112.4 |
| | Total | 40.1 | 97.8 | + 56.7 | 54.1 | 121.2 | + 67.1 |

期作高 5 %，存於分蘖中的 TNC 却高出24% (分別爲 53.1與 40.1 g)。同樣的，每100個成熟的臺南 5 號分蘖在一期作含 175.0 g的 TNC，二期作只有97.8 g。進一步分析發現穀粒充實期間，一期作之營養器官共損失21.5 g 之 TNC，穗部增加量高達 143.4 g，此項數値顯示抽穗前貯之 TNC 最高可貢獻 15.0%之穗部 TNC，二期作則爲 38%，唯上項估計均未考慮呼吸作用之消耗。

臺中秈 5 號在任一期作均含有較臺南 5 號爲多之TNC，但雖然臺中秈 5 號穗部所增加的 TNC量 (162.9 g) 較臺南 5 號 (143.4 g) 爲高，全分蘖之 TNC 增加量 (114.6 g) 却略少於臺南 5 號之

211.9 g ，表示此一時期之光合成能力較不能因應穗部發育的需要。臺中秈 5 號之預貯 TNC 對穗部 TNC 的貢獻百分比，在一期作之最高可能估計值爲29.5%，二期作爲40.3%。對兩品種而言，轉移至穗部之 TNC 在一期作主要來自葉鞘，二期作來自葉鞘與莖部。

臺南 5 號水稻分蘗不同器官內乾物質 、 氮與 TNC含 量的區分列於表 4 。一期作抽穗時葉片佔有全乾物重之 22.1%， 53.1 %之全氮，3.8%之 TNC；葉鞘與莖佔有 65.7%之全乾物重， 但僅有 33.5%之全氮，却有92.6%之 TNC。上述資料說明氮素主要存在於葉片，而葉鞘與莖爲貯藏 TNC 的主要所在。穀粒充實期間有大量物質轉移至穗部，表 4 顯示成熟時穗佔有57.9%之全乾物重，72.1%之全氮、83.1%之 TNC ，與抽穗時之百分比比較，分別爲 4.8 倍、5.4 倍與 23.1 倍。

**Table 4.** Partition (% of total) of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates among different plant fractions of Tainan No. 5 rice tillers at heading and maturity stages

| Crop Season | Plant Fraction | Dry Matter | | Nitrogen | | TNC | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Heading | Maturity | Heading | Maturity | Heading | Maturity |
| First | Leaf blade | 22.1 | 8.7 | 53.1 | 14.1 | 3.8 | 1.1 |
| | Leaf sheath | 38.2 | 15.1 | 21.1 | 6.9 | 39.7 | 2.9 |
| | Stem | 27.5 | 18.3 | 12.4 | 6.9 | 52.9 | 12.9 |
| | Panicle | 12.2 | 57.9 | 13.4 | 72.1 | 3.6 | 83.1 |
| | Total | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Second | Leaf blade | 25.5 | 12.3 | 54.8 | 18.2 | 5.0 | 0.8 |
| | Leaf sheath | 43.5 | 18.0 | 23.1 | 11.8 | 49.6 | 0.7 |
| | Stem | 19.2 | 14.5 | 8.6 | 3.5 | 38.7 | 1.0 |
| | Panicle | 11.8 | 55.2 | 13.5 | 66.5 | 6.7 | 97.5 |
| | Total | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

二期作時臺南 5 號葉鞘在抽穗期含有 50 %的 TNC，因此爲貯存 TNC的主要器官。莖部佔有全乾重的19.2%及 38.7%的TNC，係含有高濃度的 TNC 所致（圖 2）。成熟時穗部之 TNC 含量高達全株之97.5%，唯含氮百分比僅爲66.5%，低於一期作之72.1%。

臺中秈 5 號的表現（表 5 ）亦略同於臺南 5 號，若干差異爲臺南 5 號抽穗時之含氮百分比（53.1—54.8%）高於臺中秈 5 號（44%）；此外，臺中秈 5 號二期作之成熟穗內含有72.5%的全氮，較臺南 5 號的66.5%爲高。

## 討　　論

氮素對作物生理活性極具重要性，臺南 5 號水稻分蘗葉片之氮濃度以二期作爲高（圖 1 ），臺中秈 5 號亦然，唯較不明顯；Houng *et al.* (1970) 發現健康而乾物重較高的水稻葉片內，氮素濃度常較低，主要爲稀釋作用所致。本試驗結果指出，二期作水稻低產可能並非由於植株在抽穗以前吸收氮能力的低落。Lin and Su (1976) 證實二期稻之葉綠素濃度與光合作用性均不如一期作， Chen *et al.* (1980) 並提出假說，認爲稻株內之氮素組成 (composition) 對生理活性與產量潛能具有重要

**Table 5.** Partition (% of total) of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates among different plant fractions of Taichung No. 5 rice tillres at heading and maturity stages

| Crop Season | Plant Fraction | Dry Matter | | Nitrogen | | TNC | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Heading | Maturity | Heading | Maturity | Heading | Maturity |
| First | Leaf blade | 20.6 | 8.5 | 43.9 | 11.3 | 5.4 | 1.3 |
| | Leaf sheath | 37.5 | 15.4 | 22.0 | 8.2 | 44.7 | 2.3 |
| | Stem | 27.5 | 20.1 | 13.4 | 7.2 | 46.7 | 11.5 |
| | Panicle | 14.4 | 56.0 | 20.7 | 73.3 | 3.2 | 84.9 |
| | Total | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Second | Leaf blade | 22.8 | 10.8 | 44.0 | 12.5 | 4.1 | 0.7 |
| | Leaf sheath | 39.8 | 18.8 | 22.1 | 10.0 | 46.0 | 21. |
| | Stem | 23.0 | 15.7 | 14.6 | 5.0 | 41.8 | 1.7 |
| | Panicle | 14.4 | 54.7 | 19.3 | 72.5 | 8.1 | 96.4 |
| | Total | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

性；本試驗發現一期作水稻抽穗前，葉片或全分蘗之含氮量低於二期作，爲上述假說提供了另一佐證。

抽穗期以後，葉鞘與莖內之氮濃度甚低，最低之數値在 0.2 %以下（圖 1），兩期作之表現類似，至目前爲止，尙無報告說明葉鞘與莖內氮素濃度高低與生理活性之間的關係；低濃度是否會影響正常之生長或轉運能力，與老化之間的相關如何，仍然有待研究。

期作間或品種間比較，均未能發現葉片內TNC濃度變化是否具有一定的趨向；葉片內碳水化合物含量對光合成能力的影響始終是一項重要而又未獲致結論的硏究課題（Thorne and Koller, 1974；Silvius *et al.*, 1978），本試驗亦未能就此一問題提供說明，因爲並未測定光合作用能力，且未將澱粉與游離醣之含量分別分析。由於期作間的環境差異甚大，或有必要對葉片生理做深入的硏究，以對水稻的生長與產量表現有進一步的瞭解。

葉鞘在抽穗以前有能力貯存多量的 TNC，但在抽穗以後，TNC 被轉移至穗部，此項貯存能力亦因而逐漸喪失。自葉鞘至穗的轉移約在抽穗後三週內完成，唯一期作成熟時葉鞘內的 TNC 濃度（4—12%）仍顯著高於二期作（0.5—1.5%），顯示二期作穗部的充實對營養器官內預貯 TNC 的依賴性較大。

莖部TNC濃度顯著的高於Perez *et al.* (1971) 的報告，最高數値達48%，出現於抽穗時莖基部。其濃度變化趨勢與葉鞘者相似，最明顯的降低現象是在抽穗後二至三週內發生，但其後一期作莖部的濃度再度上升，甚至在正常收穫期後一週內仍然如此，這一種繼續將 TNC 累積於莖部的現象淸楚的表示，莖已取代穗部，成爲主要的積儲（sink），接受仍具光合活性葉片的生產物質。

相反的，在穗部停止充實之後，二期作水稻莖TNC 部濃度仍然持續降低，兩品種之最終濃度均在 2 %以下，因此可以假設此一時期葉片光合成能力已不足以供應維持性呼吸（maintenance respiration）之需要。

作物乾物質生產量是整個生育期間生長速率的綜合表現，表 1 顯示在抽穗時，每 100 個大分蘗的乾物重並未表現出期作性的差異， Shieh (1979) 在南港地區試驗，則指出二期作的全株乾物重不如一期作，與本試驗之結果有異，可能是由於環境因子或不同供試品種所造成的結果。

自抽穗至成熟期間（約35日），一期作的乾物重增加量（138.4—167.5 g）較二期作（76.7—80.8 g）爲高，尤以穗部的差異更爲明顯（一期作爲191.7—226.3 g，二期作爲143.2—170.2 g），這些結果均指示一期作水稻之光合成能力較爲優異。Shieh（1979）發現水稻抽穗時之乾物重與產量有正相關存在，但同時指出淨合成速率（NAR）爲影響乾物質生產的主要因子，且以二期作爲低。Kiuchi（cf. Yoshida, 1972）之試驗報告亦證明水稻產量與乾物質生產量有一定程度的正相關，此一關係直至稻穀產量達 10t /ha 爲止。因此對水稻生產而言，如何在抽穗時有最大的乾物質生產量，抽穗後並維持較高的生長速率，均至爲重要，對二期作水稻之增產尤具意義。

一期作稻自抽穗至成熟階段之含氮量持續增加（每100個大分櫱增加470—670 mg），二期作則顯著降低（140—780 mg）；賴（1979）指出一期作水稻根系的生理活性較高，本試驗進行期間的田間觀察發現二期作稻生育後期葉片易於凋萎脫落，可能由於氮素損失（depletion）所致，均表示二期作水稻穀粒充實過程根系的吸收能力受阻或低落。

表2中對氮素的分佈進行比較，葉片及葉鞘中有多量的氮轉移至發育中的穗。對大豆進行的研究（Sinclair and de Wit, 1975；Huang *et al.*, 1980）顯示，種子充實期葉片損失大量的氮素，並因而導致植株的快速老化；Thom *et al.* (1981) 也表示水稻某些生長階段中，養分自根、莖與葉向外轉移的現象與大豆相似。但是，在大豆中所發現的「自我毀滅」（self-destruction）是否也同樣存於水稻中，則仍未能確定。

表3中的資料經再予計算後可知抽穗前預貯於營養器官內的TNC對穗部TNC的貢獻百分比，如不考慮呼吸作用的消耗，一期作爲15.0—29.5%，二期作爲37.7—40.3%；如果假設轉移效率爲70%，則上項數值分別爲10.5—20.7%與26.4—28.2%。Cock 與 Yoshida（1972）報告水稻預貯碳水化合物之轉移效率介於68—77%之間，對穀粒碳水化合物含量的貢獻爲24—27%，相當於每公頃 1.9—2.1 t 之稻穀產量（含水量14%）。在臺灣，Shieh（1979）經由生長分析資料間接推算，認爲預貯物之貢獻百分率以一期作爲高，Wu *et al.* (1975)亦經由間接估計，認爲抽穗前合成之碳水化合物對一、二期作產量的貢獻分別爲14%與21%，以後者爲高。本試驗提供較直接的證據，說明二期作水稻在較劣的生長環境下，對抽穗前的光合成物質之依賴性較大；Yoshida（1972）亦曾綜合多人的報告，提出相似的結論。

Evans（1972）曾對小麥與水稻的積儲（sink）與供源（source）間之平衡關係提出報告；本試驗中發現一期作水稻成熟時，仍有多量的 TNC 留存於營養器官內，其數值大約爲 100 個大分櫱中有 30 g之 TNC，就臺南5號而言，相當於全分櫱中TNC之16.9%，或穗部TNC之 20.4%；對臺中秈5號而言，分別爲15.1%與17.9%。換言之，限制一期作水稻產量之因子爲積儲的容積，如能增加單位面積之穎花數或增大穀粒體積，則將產量再提高20%應有可能。相反的，二期作水稻成熟時，營養器官內幾乎已無TNC存留，此外，穗部TNC濃度偏低（圖3），結實率亦較差（資料未列出），均表示供源能力之大小與積儲之容積並爲產量的限制因子。Murata（1965, 1969）也曾經提供資料，建議研究限制水產產量的因子爲供源或積儲時，應考慮期作與環境的影響。

本試驗之結論建議，導致二期作水稻低產的部份生理原因爲：抽穗後光合物質之生產不足，葉片及其他器官之快速老化，以及乾物質之分配效率不佳等。如欲提高一期作的產量，應由增加單位面積之結實粒數與穀粒重著手；對二期作水稻而言，則應著重加大積儲容積，尤其是結實率，以及供源之能力，例如維持較高的光合成活性。

## 引用文獻


1. Chen, C. S., D. D. Huang, M. C. Shen and D. J. Liu. 1980. Carbohydrates, N. P and K status of developing rice (*Oryza sativa* L.) plants grown in the first and second crop seasons in Taiwan. J. Agri. Res. China 29: 81-92.
2. Cock, J. H. and S. Yoshida. 1972. Accumulation of $^{14}C$-labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. Crop Sci. Soc. Japan 41: 226-234.

3. Evans, L. T. 1972. Storage capacity as a limitation on grain yield. *In* Rice breeding. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.

4. Houng, K. H., T. P. Liu, C. T. Wei and T. T. Chen. 1970.Changes in distribution of macroelements among various tissues of rice plants with growth. J. Chinese Agri. Chem. Soc. 8 (3-4) : 55-61.

5. Huang, D. D., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1980. Nitrogen distribution and $N_2$-fixing activity of developing soybean ( *Glycine max* (L.) Merrill) plants. J. Agri. Res. China 29 : 93-102.

6. Lai, K. L. 1979. Studies on the formation and activity of root system of paddy rice plants (*Oryza sativa* L.) . *In* The causes of low yield of the second crop rice in Taiwan and the measures for improvement (S. C. Hsieh and D. J. Liu ed.). Natl. Sci. Council, R. O. C. Taipei .

7. Lin, A. C. and C. S. Chen. 1976. Studies on the causes of low yielding in the second crop of rice in Taiwan. I. Comparison of the characteristic of tillering between the first and second crop. Natl. Sci. Council Monthly 4 (10) : 53-70.

8. Lin, A. C. and H. Su. 1976. Studies on the cause of low yielding in the secon crop of rice in Taiwan. II. Comparison on the photosynthesis under community conditions between first and second crop of rice. Natl. Sci. Council Monthly 4 (11) : 5-21.

9. Lin, A. C. and J. J. Tarn. 1979. Studies on the causes of low yielding in the second crop of rice plant. V. Comparison of the translocation and partition of $^{14}C$-assimilates between the first and second crops of rice in northern Taiwan. J. Agri. Asso. China 107 : 25-35.

10. Liu, D. J. 1979. Influence of temperature at various growth stages on the accumulation and translocation of carbohydrates in rice plant. *In* The causes of low yield of the second crop rice in Taiwan and the measures for improvement. (S. C. Hsieh and D. J. Liu ed.). Natl. Sci. Council, R. O. C. Taipei .

11. Muchow, R. C. and G. L. Wilson. 1976. Photosynthetic and storage limitations to yield in *Sorghum bicolor* (L. Moench). Aust. J. Agri. Res. 27 : 489-500.

12. Murata, Y. 1965. Photosynthesis, respiration and nitrogen response. *In* Mineral nutrition of the rice plant. John Hopkins Press. Baltimore.

13. Murata, Y. 1969. Physiological responses to nitrogen in plants. *In* Physiological aspects of crop yield (J. D. Eastin, F. A. Haskins, C. Y. Sullivan and C. H. M. Van Bavel ed.). Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin.

14. Perez, C. M., E. P. Palmiano, L. C. Baun and B. O. Juliano. 1971. Starch metabolism in the leaf sheaths and culm of rice. Plant Physiol. 47 : 404-408.

15. Raguse, C. A. and D. Smith. 1965. Carbohydrate content in alfalfa herbage as influenced by methods of drying. J. Agri. Food Chem. 13 : 306-309.

16. Shieh, Y. J. 1979. Growth and community photosynthesis of rice plants in the first and second crop seasons. *In* The causes of low yield of the second crop rice in Taiwan the measures for improvement (S. C. Hsieh and D. J. Liu ed.), Natl. Sci. Council, R. O. C. Taipei .

17. Silvius, J. E., D. F. Kramer and D. R. Lee. 1978. Carbon assimilation and translocaton in soybean leaves at different stages of development. Plant Physiol. 62 : 54-58.

18. Sinclair, T. R. and C. T. de Wit. 1975. Comparative analysis of photosynthate and nitrogen requirements in the production of seeds by various crops. Sciene 189 : 565-567.

19. Smith, D. 1969. Removing and analyzlng total nonstructural carnohydrates from plant tissue. Wis. Agri. Exp. Sta. Rep. 41, 11pp.

20. Thorne, J. H. and H. R. Koller. 1974. Influence of assimilate demand, translocation and carbohydrate levels of soybean leaves. Plant

Physiol. 51 : 871-874.
21. Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 23 : 437-464.

# The Supply and Demand of Nitrogen and Total Nonstructural Carbohydrates of the First and Second Rice Crops*

C. S. Chen**, M. L. Wei and D. J. Liu

*Department of Agronomy*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Wufeng, Taichung, Taiwan 431*
*Republic of China*

## Summary

Rice plants were harvested at a week's interval from maximum tillering stage to one week after maturity. Amount of dry matter, total nitrogen and total nonstructural carbohydrates (TNC) in the leaf blade, leaf sheath, stem and panicle of rice tillers were analyzed. The purpose was to investigate the balance between supply and demand of N and TNC during grain-filling. At the time of heading, dry weights of leaf blade and leaf sheath were heavier for the second crop rice whereas that of the whole tiller was heavier for the first crop rice. At maturity, dry weights of whole tiller and panicle of the first crop were 19.3% and 23.0%, respectively, higher than those of the second crop, indicating active assimilation and efficient dry matter distribution of the former. Nitrogen concentration of the leaf blade was higher for the second crop during grain-filling. As for the amount of N present in the whole tiller, the second crop rice contained 26.2 % more N at heading but the first crop rice contained 27.3% more N at maturity. The results suggested low absorption ability of the root system and early leaf senescence of the second crop rice during this period. Furthermore, the composition, rather than concentration, of N was critical for the physiological activities of the second crop rice. Leaf sheath was able to store carbohydrate before heading. However, such ability was lost after heading with the redistribution of available carbohydrate to panicle. TNC concentration in the stem of the first crop rice was as high as 30% at harvest whereas that of the second crop rice was nil. In terms of TNC amount present in the rice tiller, the first crop rice was 24.5% and 44.6% higher than the second crop rice at heading and maturity, respectively. In other words, differences in the efficiency of photosynthate production and distribution between crops were observed. The above results, along with the higher TNC concentration in the panicle of the first crop rice, indicated that the limiting factor(s)for grain yield was sink size for the first crop and were sink size and source ability for the second crop rice.

---

*Supported by a grant 1981-5.1-06 (2—15) from Council for Agricutural Planning and Development, Executive Yuan, ROC.

**Present address : Bureau of Agriculture, Ministry of Economics, Taipei , Taiwan R. O. C.

# 期作間水稻光合成物質生產、分配及產量之比較*

魏夢麗　劉大江

臺灣省農業試驗所農藝系

## 摘　　要

本試驗於1981年二期作與1982年一期作分別在屏東與臺中二地區進行，在水稻生育期間測定不同器官內乾物質、全氮及非構造性碳水化合物（TNC）含量的變化，以明瞭品種間、區域間與期作間產量差異的原因。

水稻抽穗時之全株乾物重以一期作爲高，其中以屏東區臺農67號差異最爲明顯，臺中地區臺農67號及臺南5號的差異較小。二期作稻抽穗期全株乾物重低落原因主要受分蘗數較少的影響，就單一分蘗平均乾重進行比較，反以二期作稍高。抽穗後穀粒發育期間乾物質的生產量，亦以一期作顯著優於二期作，屏東地區的差別最爲明顯。

一期作水稻抽穗時莖稈內TNC濃度顯著高於二期作，抽穗期營養器官內TNC含量爲二期作之1.5—5.5倍，表示有較多的預貯物質。抽穗後穀粒充實期間，屏東、臺中二地區之一期作TNC生產量高於二期作。非構造性碳水化合物收穫指數（HTNCI）均高，介於0.93—0.98之間，無地區、品種或期作性差異。而產量經由預貯物質而來的百分比（pre-heading storage contribution），一期作介於17.8—22.5%之間，二期作爲11.6—17.9%。

葉片爲水稻植株內含氮濃度較高之器官，屏東、臺中二地區於抽穗期葉片氮濃度表現不一致，但屏東區臺農67號葉片內氮濃度明顯的以一期作爲低，和一期作極高產與二期作低產的表現，可推知抽穗期葉片內全氮濃度的高低與產量間的關係並不單純。植株的全氮收穫指數（HNI）以一期作爲高，介於0.70—0.81之間，二期作爲0.65—0.76，顯示前者有較多的轉流量，氮代謝作用與碳代謝作用之間可能互爲影響，值得進一步研究。

期作間產量差異比較發現，千粒重差別不大，每穗穎花數與結實率乘積在期作間亦相似，穗數爲決定產量的最主要因子。二期作低產除了穗數較少及抽穗時乾物重與TNC含量較低外，穀粒充實期間乾物質淨生產量亦較低，爲今後謀求二期作水稻增產應注意的方向。

## 前　　言

本研究室以往的試驗報告（Chen *et al.*, 1980；Wei *et al.*, 1982）發現一期作水稻於成熟期營養器官仍貯存有相當穗部總量20%的TNC，而二期作成熟期營養器官內僅含有3～4%之TNC，無法供應穗部需要，因此提出假說認爲一期作之貯蓄（sink）容積爲產量限制因子，而提高穀粒充實期間光合成能力，可能增高二期作水稻產量。

林（1979）曾提出第二期作水稻光合作用能力（photosynthetic capacity）及光合作用效率（photosynthetic efficiency）均較一期作爲低。謝（1979）報告抽穗前預貯物質對穀產量的貢獻以一期作所佔的比率較高，二期作產量不僅受產量能力（yield capacity）的限制，且受抽穗後同化作用低下的影響。一般認爲穀產量中碳水化合物的20%由抽穗前預貯養份而來。二期作除了光合作用能力低之外，抽穗後之光合成物質由葉部供源（source）輸送至穀粒內的情形，仍待進一步研究。

* 行政院農業發展委員會補助計畫 71農建—4.1—產—47（2—10）

本試驗目的爲探討一、二期作水稻的光合成物質累積與分配效率的變化，提供爲增加水稻產量之參考。

## 材料與方法

試驗採用稉稻臺農67號及臺南5號兩品種爲材料，於1981年二期作及1982年一期作進行，在屏東市屏東農專農場係以臺農67號爲材料，採手植方式栽培，行株距爲27×18 cm。在臺中縣霧峰鄉農業試驗所農場則採用臺農67號、臺南5號兩個水稻品種，以機插方式栽培，行株距爲30×15 cm。本試驗採用完全逢機區集設計，重複三次。

樣品的採取爲自抽穗期至成熟期間，每十天採樣一次，每次於各小區取10株水稻，將地上部分區分爲葉片、葉稈與穗部。樣品置於100°C 通風乾燥箱2小時後，以 70°C 繼續乾燥24小時。烘乾之樣品，經測定乾物重後，使用40目篩以Wiley mill磨粉，供化學分析用。

TNC 測定依照 Smith (1969) 法進行，樣品磨粉後於 40 °C 下以 takadiastase (Clarase 40,000，美國 Miles Laboratories, Inc. 出品) 水解44小時，然後再依 Shaeffer-Somogyi 的 Copperiodometric 法測定還原醣。氮素依 semi-micro Kjeldahl 法測定。

水稻成熟時，調查穗數、每穗穎花數、結實率、千粒重與產量。

## 結　　果

屏東地區臺農67號一、二期作乾物重變化示於圖 1，第一期作水稻抽穗期的全株乾物重爲54.8 g，收穫時爲78.1 g，淨增加23.3 g；抽穗時營養器官乾物重佔全株之83.6%，主要由葉稈 (32.2 g) 與葉片 (13.6 g) 構成。成熟期則以穗部 (47.9 g) 最高，佔全株乾物重的61.3%。二期作抽穗期全株乾物重爲 27.9 g，至成熟期增爲 34.9 g，抽穗期之乾物重主要亦是由營養器官構成，佔全株乾物重之84.1%，成熟期穗部乾物重爲 22.2 g，佔全株乾物重之57.3%。期作間之比較顯示，一期作抽穗期全株乾物重較二期作高49.1%，其中營養器官約高50%，成熟期全株乾物重則增高55.3%，穗部乾物重亦增加53.7%。

臺中地區臺農67號一、二期作乾物重變化示於

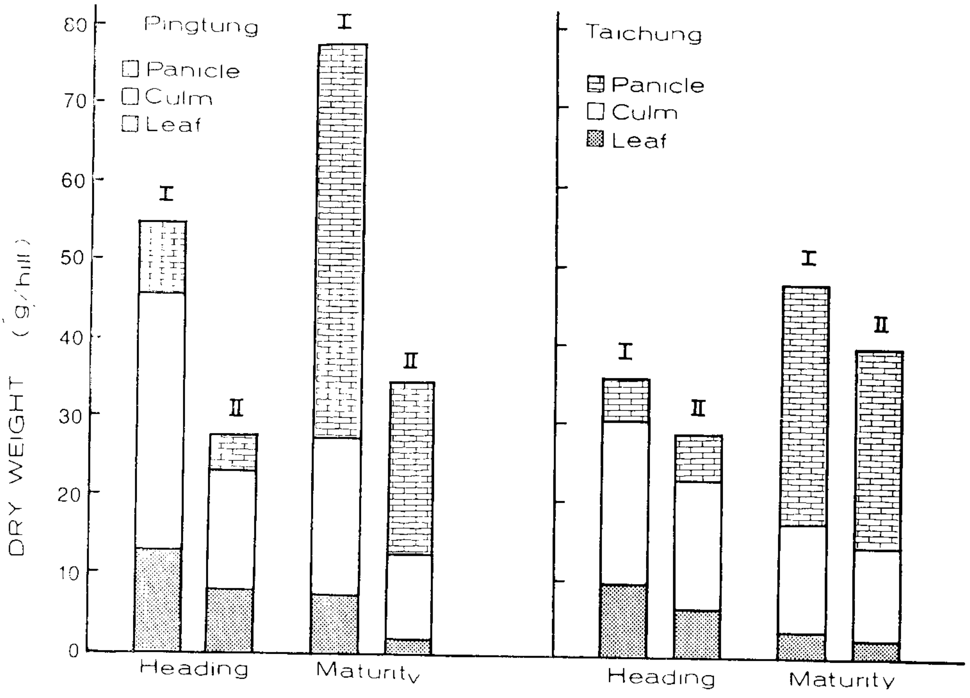



**Fig. 1.** Changes in dry weight (g/hill) from heading to maturity of Tainung No. 67 rice in the first (1982) and second (1981) crop seasons.

圖1，臺中區一期作抽穗期全株乾物重爲35.9 g，榖粒充實期間增加12.1 g，而穗部乾物重爲30.4 g，佔全株之63.5%。二期作抽穗期乾物重28.8 g，主要由營養器官（22.6 g）組成，成熟時全株乾物重增爲 39.9 g，穗部重25.6 g，佔全株之64.2%。一期作抽穗期全株乾物重較二期作高19.8%，至成熟期增高16.9%，穗部一期作（30.4 g）較二期作（25.6 g）高出15.8%。

屏東地區臺農 67 號 TNC 含量變化示於圖 2，一期作稻於抽穗期全株 TNC 含量爲11.4 g，其中營養器官爲 10.6 g，約佔全株含量93%，成熟期全株含量增至 32.1 g，以穗部31.3 g 佔全株含量97.5%，營養器官則減少 9.8 g，僅爲 0.8 g，佔全株含量2.5%。二期作抽穗期全株TNC 含量僅有 2.8 g，其中營養器官3.2 g，穗部爲0.4 g，成熟期全株含量增至爲14.3 g，營養器官降至0.8 g，爲抽穗期之35%，穗部增加13.3 g，佔全株含量之95.8 %。一、二期作 TNC 含量變化情形相似，抽穗期 TNC 含量主要存於營養器官中，隨著穀粒的發育，TNC 自營養器官轉移至穗部中，以一期作 TNC 含量較高，成熟期間約爲二期作的2.2倍。

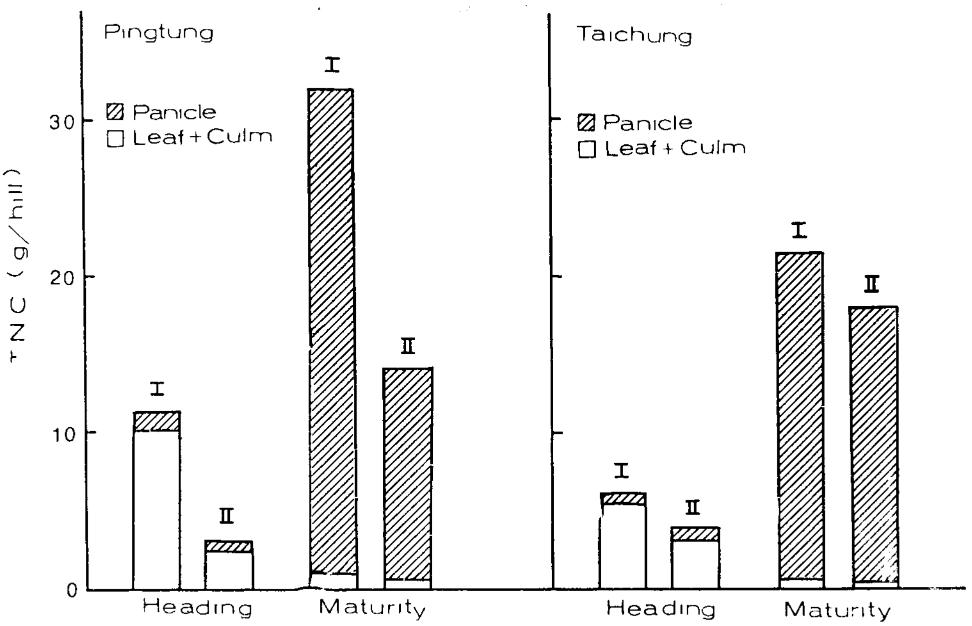



**Fig. 2.** Changes in the amount of total nonstructural carbohydrates (g/hill) from heading to maturity of Tainung No. 67 rice in the first (1982) and second (1981) crop seasons.

臺中地區臺農67號 TNC 含量變化示於圖 2，一期作稻株 TNC 含量由抽穗期 6.2 g 增至成熟期 21.4 g，營養器官由5.9 g 降低爲 0.7 g，穗部 TNC 含量則由0.3 g 激增至 20.7 g。二期作抽穗期 TNC 含量爲 4.3 g，營養器官3.6 g，約佔全株 83.7%，成熟期 TNC 含量增加 17.8 g，穗部含量佔全株 97.7%，營養器官減少 3.2 g，亦即較抽穗時減少 88%。一期作之 TNC含量較二期作高，與屏東地區試驗結果比較，則含量較低。一期作 TNC 含量約爲二期作的1.2倍。

臺中地區臺南 5 號一、二期作乾物重變化列於圖 3，一期作抽穗期全株乾物重由 30.4 g 增至成熟期 46.6 g 增加量爲 16.6 g，營養器官由 26.1 g 下降至 17.2 g，穗部增爲 29.5 g，佔全株乾物重 63 %。二期作抽穗期全株乾物重爲 29.2 g，至成熟期增加 6.0 g，使全株重量增爲 35.2 g，葉片與莖葉稈乾物重減少 10.5 g，穗重增加 18.5 g。一期作全株乾物重（46.6 g）較二期作（35.2 g）高出 11.4 g。TNC 含量變化示於圖 3，結果顯示一期作抽穗期全株含有6.2 g 的

TNC ，其中93.5%存於營養器官中，隨著穀粒充實，穗部含量增至 19.4 g ，佔成熟期 (20.1 g) 之96.5 %。二期作 TNC 含量變化由抽穗期4.7 g 至成熟期 14.7 g，增加量爲 10.0 g，穗部增加 13.5 g，營養器官減少量爲 3.5 g ，佔抽穗時的 90%。一期作 TNC 含量約爲二期作1.4倍。

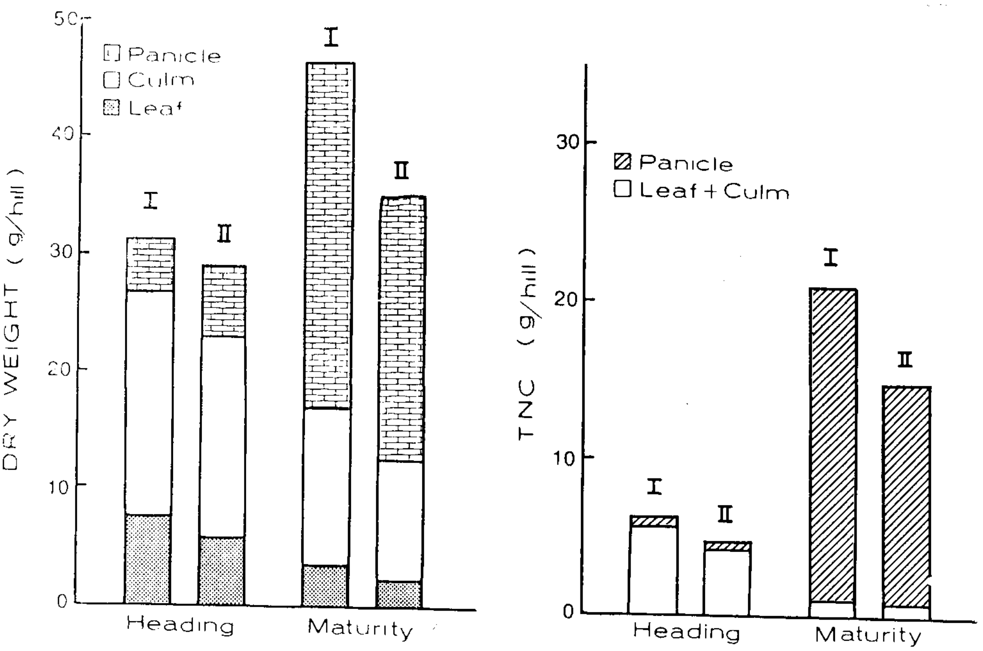



**Fig. 3.** Changes in dry weight (g/hill) and the amount of total nonstructural carbohydrates (g/hill) from heading to maturity of Tainan No. 5 rice in the first (1982) and second (1981) crop seasons (Taichung experiment).

各品種的葉片氮素濃度示於表 1，屏東地區臺農67號一、二期作表現相似，抽穗時葉片氮濃度較高，分別爲2.21%與2.73%，成熟時降低至0.67%及1.54%。臺中地區臺農67號葉片氮濃度，一期作抽穗期爲2.42%，成熟期爲1.06%，二期作則較屏東區爲低，抽穗期爲2.30%，成熟期降爲1.18%。臺中地區臺南 5 號葉片氮濃度表現恰和屏東區臺農67號相反，抽穗期一期作氮濃度較高，爲2.72%，二期作則較低，僅有2.27%，成熟期氮濃度分別爲1.29%與1.39%。

品種間 TNC 濃度變化示於表 2 ，屏東地區臺農 67 號一期作葉片 TNC 濃度自抽穗期之6.3%降至成熟期之1.9%，稈部濃度亦由30.1%，急遽降低爲3.5，穗部最初濃度爲8.9%，成熟期則高達 65.6 %。二期作葉片 TNC 濃度變化甚微，均在 3 %左右，稈部由抽穗期之16.4%降至成熟期之4.7%，穗部成熟期濃度達 66.4%。臺中地區臺農 67 號葉片 TNC 濃度較高，一、二期作抽穗期分別爲5.3%及4.4%，成熟期爲2.8%與3.0%。莖稈 TNC 濃度期作間表現相似， 抽穗期爲 25.5%及20.2%，成熟期降至4.3%與2.6%。穗部成熟期濃度分別爲66.6%與68.1%。臺中區臺南 5 號葉片 TNC 濃度抽穗期爲 3.7%與3.1% ，成熟期一期作降爲2.9%，二期作升高至7.0%，莖稈濃度之降低幅度甚大，自 29.7%—22.4%降爲 4.7%—3.5%。成熟期穗部 TNC 濃度分別爲 66.6%及69.7%。

**Table 1.** Nitrogen concentration of rice leaf blade at heading and maturity stages (1st crop, 1982 and 2nd crop, 1981)

| Crop searon | Growth stage | Tainung No. 67 | | Tainan No. 5 |
|---|---|---|---|---|
| | | Pingtung | Taichung | Taichung |
| First | Heading | 2.21±0.18[a] | 2.42±0.15 | 2.72±0.15 |
| | Maturity | 0.67±0.03 | 1.60±0.15 | 1.29±0.11 |
| Second | Heading | 2.73±0.13 | 2.30±0.20 | 2.27±0.19 |
| | Maturity | 1.54±0.10 | 1.18±0.02 | 1.39±0.12 |

*a*. mean±S. E.

**Table 2.** Total nonstructural carbohydrate concentration of rice plant fractions at heading and maturity stages (1st crop, 1982 and 2nd crop, 1981)

| Plant fraction | Growth stage | Tainung No. 67 (Pingtung) | | TainungNo. 67 (Taichung) | | Tainan No. 5 (Taichung) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1st crop | 2nd crop | 1st crop | 2nd crop | 1st crop | 2nd crop |
| Leaf | Heading | 6.3±0.7[a] | 3.2±0.5 | 5.3±0.8 | 4.4±0.3 | 3.7±0.5 | 3.1±0.6 |
| | Maturity | 1.9±0.3 | 3.3±0.5 | 2.8±0.7 | 3.0±0.3 | 2.9±0.5 | 7.0±0.5 |
| Culm | Heading | 30.1±1.7 | 6.4±1.9 | 25.5±2.6 | 20.2±2.6 | 29.7±2.9 | 22.4±2.1 |
| | Maturity | 3.5±1.3 | 4.7±3.3 | 4.3±2.0 | 2.6±0.2 | 4.7±1.9 | 3.5±1.5 |
| Panicle | Heading | 8.9±1.1 | 8.1±2.8 | 6.0±0.6 | 10.5±0.8 | 8.5±1.6 | 9.9±2.4 |
| | Maturity | 5.6±4.7 | 66.4±2.1 | 66.6±3.9 | 68.1±2.5 | 66.6±2.3 | 69.7±2.2 |

*a*. mean±S. E.

產量構成要素與其他相關性狀，由表 3 可知，屏東區臺農67號一期作穗數高達25.3，臺中區二品種之穗數相近，分別爲16.8與15.2，二期作屏東區臺農67號穗數爲10.2，臺中區臺南 5 號爲11.5。每穗穎花數一期作臺中區臺農67號較高，爲 102.8，臺南 5 號爲88.2；屏東區臺農67號爲94.7。二期作屏東區臺農67號爲107.2，臺中區臺南 5 號爲100.6。結實率一期作在89.7%—83.9%之間，二期作介於78.5%—72.6%，千粒重則在區域間差異甚微，介於 22.0 g—23.9 g 之間。每株水稻穀產量一期作以屏東區臺農67號最高(47.9 g)，臺中區之臺農67號及臺南 5 號分別爲28.8 g 與 30.5 g，二期作屏東區臺農67號爲 20.0 g ，臺中區二品種分別爲19.7 g 與 22.5 g 。收穫指數 (HI) 一期作均在0.6以上，二期作爲0.57。氮收穫指數 (harvest nitrogen index) 一期作變異較大，屏東區臺農67號較高爲0.81，臺中區則介於 0.70—0.76 。二期作則以臺中區臺農67號最高0.76。 TNC 收穫指數 (harvest TNC index) 期作間除了臺中區臺南 5 號稍低爲0.93，其餘均達0.96以上，穀粒發育過程中，營養器官所含 TNC 可貢獻部分產量，如不考慮呼吸作用的消耗，假設轉移效率 (translocation efficiency) 爲70%，以屏東區臺農67號一期作最高 (22.5%) ，二期作最低 (11.6%) ；臺中區二品種則介於18.8%—14.9%之間。

**Table 3.** Yield components and indices of harvest fractions of rice cultivars grown in different locations (1st crop, 1982 and 2nd crop, 1981)

| Variety and location | Crop season | Panicle number per hill | Spikelet number per panicle | Seed-setting (%) | 1000-grain weight (g) | Grain yield per hill (g) | Harvest index | HNI[a] | HTNCI[b] | Preheading storage contribution[c] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tainung 67 (Pingtung) | First | 25.3±4.3 | 94.7±10.3 | 89.7±3.0 | 22.0±0.7 | 47.9±7.6 | 0.61 | 0.81 | 0.96 | 22.5 |
| | Second | 10.2±2.1 | 107.2±15.1 | 78.5±8.1 | 23.2±1.3 | 20.0±5.2 | 0.57 | 0.68 | 0.96 | 11.6 |
| Tainan 5 (Taichung) | First | 16.8±3.1 | 88.2±14.4 | 36.2±5.0 | 22.9±1.1 | 28.8±5.5 | 0.62 | 0.70 | 0.96 | 18.8 |
| | Second | 11.5±2.0 | 100.6±18.7 | 72.6±4.9 | 23.9±1.2 | 19.7±3.8 | 0.56 | 0.65 | 0.93 | 17.9 |
| Tainung 67 (Taichung) | First | 15.2±2.2 | 102.8±18.4 | 83.9±7.1 | 23.4±1.4 | 30.5±6.6 | 0.64 | 0.76 | 0.96 | 17.8 |
| | Second | — | — | — | — | 22.5 | 0.56 | 0.76 | 0.98 | 14.9 |

*a*. Harvest nitrogen index=amount of N in filled grain/amount of N in whole plant.

*b*. Harvest TNC index=amount of TNC in filled grain/amount of TNC in whole plant.

*c*. Percent of harvest TNC contributed by TNC stored in vegetative organs before heading, translocation efficiency of 70% was presumed.

## 討　　論

以全省平均而言，屏東地區一期作水稻之產量最高，但期作間之產量差異也最大（郞等，1975），本項試驗發現，屏東地區臺農67號水稻一期作抽穗時之乾物重極高，每株平均爲 54.8 g，二期作僅爲 27.9 g，與謝（1979）在臺北地區的試驗結果相同，謝（1979）並提出，水稻產量與抽穗時之乾物重可能有正相關關係存在。本省中部爲期作性水稻產量差異較小的地區，而由圖1與圖3可知，臺農67號與臺南5號水稻抽穗時之乾物質生產量也顯示較小的期作間差異（臺農67號分別爲35.9g與28.8 g，臺南5號爲 30.4 g 與 29.2 g），亦即抽穗前的光合成能力已對產量表現具有影響。

就抽穗後穀粒發育期間的乾物質生產量進行比較，也發現一期作顯著優於二期作，尤以屏東地區的差別最爲明顯；臺農67號在屏東地區一期作之每株增加量爲 23.3 g，二期作爲 7.0 g，臺中地區一期作爲 12.1 g，二期作爲 11.1g（圖1），而臺南5號水稻在臺中地區分別爲 16.2 g 與6.0 g（圖3）。謝（1979）認爲臺北南港地區二期作產量受抽穗後同化作用低下的影響，本試驗證明在臺中與屏東地區也有相似的結果。

二期作稻抽穗期全株乾重低落主要係受分蘗數較少的影響，由圖1、圖3與表3的資料分析顯示，單一分蘗的乾物重反以二期作爲高，以屏東地區之臺農 67 號爲例，一、二期作分別爲 2.17 g 與 2.74 g。但抽穗後的乾物質淨生產能力以二期作偏低，至成熟時每一分蘗平均乾物重分別爲3.09 g與3.42 g，亦即單一分蘗在穀粒充實期間乾物質增加量則分別爲 0.92 g 與 0.68 g，與 Wei *et al* (1982) 就單一分蘗進行的研究結果相符合。在產量比較方面，屏東區臺農67號兩期作的每一分蘗分別爲 1.89 g 與 1.96 g，即一期作有較高的收穫指數（表3）與乾物質分配效率。Wei *et al.* (1982) 指出一期作主稈與早期發生之一次分蘗之單一分蘗產量較二期作爲高，本試驗則係以全株產量估算單一分蘗產量，由於取樣基準有異，可能爲兩項試驗結果具有差異之原因。

水稻之莖稈具有貯存碳水化合物的功能，而其濃度大約在抽穗時達到高峰（Yoshida, 1972），Chen *et al.* (1980) 報告臺中與臺北地區一期作水稻抽穗時莖稈內非構造性碳水化合物（TNC）濃度顯著高於二期作，本試驗也有相同的結果（表

2）；此外，由於一期作的莖稈乾物重較高（圖1與3），致使莖稈之 TNC 含量（g/hill）也有明顯的期作性差異(圖2與3)，亦即一期作水稻有較多的抽穗前預貯物質(pre-heading storage)可供穀粒發育之需。就抽穗與成熟期營養器官內 TNC 含量之消長而言，一期作爲二期作之1.5—5.5倍，視地區與品種而異，其中以屏東地區之臺農67號最爲明顯，一期作抽穗時營養器官含有 TNC之量爲10.6 g/hill，成熟時爲 0.8 g，差異爲 9.8 g，二期作之差異僅爲 1.8 g。抽穗前預貯養份轉移至穗部的效率因環境因子的不同而有差別，Cock and Yoshida (1972) 估計爲68—77%，其餘部分則未經轉移或爲呼作用所消耗。劉 (1979) 曾建議抽穗時莖稈內 TNC 濃度可能影響期作間的產量表現。但本試驗建議，如能就植株之 TNC 含量與轉移效率進行比較，當更具意義。

鄔等 (1975) 與Wei *et al.* (1982) 估算抽穗前預貯物質對產量貢獻的百分比，均以二期作爲高，謝 (1979) 之結論則以一期作爲高，本試驗（表3）亦發現臺中與屏東兩個地區水稻產量經由預貯物質而來的百分比 (pre-heading storage contribution)，一期作爲17.8—22.5%，二期作爲11.6—17.9%，以前者爲高；此項結果與本研究室較早的報告 (Wei *et al.*, 1982) 及鄔等(1975)報告並不符合，主要原因可能在影響此一表現的因子較預期者更爲複雜。雖然 Yoshida (1972) 與 Bidinger *et al.* (1977) 認爲不良環境下預貯物質對產量更具重要性，但由於氮肥用量及日照與氣溫等氣象因子對抽穗前植株中 TNC 之蓄積均有很大的影響，因而年度間與期作間的變化極大 (Judel and Mengel, 1982；McCraig and Clarke, 1982)，此外此項貢獻百分比亦受到貯蓄容積 (sink size)與抽穗後同化能力的共同作用，(謝，1979；Wei *et al.*, 1982)；以及因葉片與葉鞘萎凋脫落而造成的取樣損失(Bidinger *et al.*, 1977)，故計算此一數值與評估其重要性時應有更愼重的考慮。

表3顯示，非構造性碳水化合物收穫指數(HTNCI)極高，均介於0.93至 0.98之間，未顯示期作、品種或地區間之差異，亦即成熟稻株內之有效性碳水化合物均集中於穗部。Wei *et al.* (1982) 曾提出建議，由於一期作稻之大分蘖在成熟時仍有將近20%之 TNC 存在於營養器官內，因而認爲產量限制因子爲穗部容積。本試驗係以全株材料爲分析單位，並未區分分蘖之大小，但無論如何，成熟時營養器官內所含 TNC 不致超過總量之10%以上，兩項研究差異的確實原因未能明瞭，但可能係受環境與栽培條件的影響 (Judel and Mengel, 1982；McCraig and Clarke, 1982)。

葉片爲全氮濃度與蛋白質濃度最高之營養器官，Chen *et al.* (1980) 發現抽穗期之葉片氮濃度以二期作爲高，但合項生理活性則較低（林與陳，1976；林與蘇，1976），因此提出氮素組成(composition)較濃度 (concentration) 爲重要的假設。本項研究的結果（表1）雖然未獲得完全一致的結論，但屏東地區臺農67號葉片氮濃度卻明顯的以一期作爲低（兩期作分別爲2.21%與2.73%），配合一期作極高與二期作極低的產量（表3）表現，仍足以支持Chen *et al.* (1980) 的假說。

水稻和豆類作物相同，葉片內的氮素可轉移至穗部，因而導致植株之老化(Thom *et al.*, 1981)。葉片氮濃度自抽穗後逐漸下降，降低的幅度以一期作較大（表2），又植株的全氮收穫指數 (HNI) 亦以一期作爲高（表3），顯示有較多的轉流量。Tsai *et al* (1978) 認爲玉米籽粒容納含氮化合物總量的多少與產量有相關性，亦即氮生產量 (N productivity) 與碳水化合物生產量 (C productivity) 有關，此一假設是否適用於水稻，尙缺足够的試驗資料可爲依據，惟本研究室未發表的試驗結果顯示，大粒水稻品種 Mira 抽穗期的葉片全氮濃度及氮轉流量均超出臺農67號水稻50%以上，而其單一分蘖的產量也有相同的表現，表示就產量生理而言，氮代謝作用與碳代謝作用之間可能互爲影響，値得做進一步的硏究。

綜合以上的結果與討論，對水稻品種間、地區間與期作間的產量差異進行生理分析，千粒重的差別不大，每穗穎花數與結實率乘積的期作間比較也相似，亦即穗數爲決定產量的最重要因子。穗數少亦爲導致二期作抽穗時乾物重與 TNC 含量低下的主因，益以穀粒充實期間較低的同化作用能力，造成期作間產量的差別。目前本省水稻生產雖然過剩，但提高單位面積產量仍有必要，今後水稻生理

研究工作，針對生育後期的光合能力，以及氮／碳之間的交感作用成爲應該注意的方向。

## 引用文獻

1. 林安秋・1979・一、二期作水稻羣落光合作用之比較。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」。（謝順景、劉大江主編），行政院國家科學委員會出版。
2. 林安秋、陳建山・1976・第二期稻作低產原因之研究。I、一、二期作水稻之分蘖特性比較。科學發展月刊，4（10）：53—70。
3. 林安秋、蘇新・1976・第二期稻作低產原因之研究。II、一、二期作水稻羣落光合作用之比較。科學發展月刊，4（11）：5—21。
4. 劉大江・1979・水稻生育期溫度對碳水化合物累積與轉流之影響。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」。（謝順景、劉大江主編），行政院國家科學委員會出版。
5. 鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳來貴、張萬來、林富雄、吳育郎・1975・第二期作低產原因之探討。科學發展月刊，3（10）：5—39。
6. 謝昱曉・1979・一、二期作水稻之生長與光合作用構成因子。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」。（謝順景、劉大江主編），行政院國家科學委員會出版。
7. Bidinger. F., R. B. Musgrave and R. A. Fisher. 1977. Contribution of stored pre-anthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. Nature 270 : 431-433.
8. Chen , C. S., D. D. Huang, M. C. Shen and D. J. Liu. 1980. Carbohydrate N, P, and K status of developing rice ( *Oryza sativa* L. ) plants grown in the first and second crop seasons in Taiwan. J. Agri. Res. China 29 : 81-92.
9. Cock. J. and S. Yoshida. 1972. Accumulation of $^{14}C$-labelld carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41 : 226-234.
10. Judel, G. K. and K. Mengel. 1982. Effect of shading on nonstructural carbohydrates and their turnover in culms and leaves during the grain-filling period of spring wheat. Crop Sci. 22 : 958-962.
11. Smith, D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agri. Exp. Sta. Rep. #41.
12. Thom, W. O., T. C. Miller and D. H. Bowman. 1981. Floiar fertilization of rice after Midseason. Agron. J. 73 : 411-414.
13. McCraig, T. N. and J. M. Clarke. 1982. Seasonal changes in nonstructural carbohydrate levels of wheat and oats grown in a semiarid environment. Crop Sci. 22 : 963-970.
14. Tsai, C. Y., D. M. Huber annd H. L. Warren. 1978. Relationship of the kerel sink for N to maize productivity. Crop Sci. 18 : 399-404.
15. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1982 Physiological studies of rice tillers. I. Partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates during grain-filling. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC (A) 6 (3) : 190-196.
16. Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 23 : 437-464.

# Comparison on the Yield and the Production and Distribution of Dry Matter in Rice between Crop Seasons *

M. L. Wei and D. J. Liu

*Department of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute*

*Wufeng, Taichung, Taiwan 431, Republic of China*

## Summary

Two rice cultivars, Tainung 67 and Tainan 5, were grown in either Pingtung or Taichung area in the second crop of 1981 and first crop of 1982. Dry weight and contents of total nonstructural carbohydrates (TNC) and total nitrogen (N) in different plant fractions were determined at stages of grain-filling. The purpose of this study was to investigate the causes of yield difference due to location, varietal or seasonal factors.

Dry weight per hill at heading was consistently higher for the first than for the second crop. The difference was most significant for rice grown in Pingtung area. The lower dry weight of the second crop rice was due mainly to the fewer number of tillers per hill. Results showed that on a per tiller basis, the second crop rice possessed higher dry weight. The capability of dry matter production was higher for rice of the first crop season.

Culms of the first crop rice contained 1.5-5.5 times more TNC than those of the second crop rice at heading, a result of higher TNC concentration and dry weight per hill. The production of TNC during grain-filling was supperior for the first crop rice.

Regardless of crop season or location, the harvest TNC index (HTNCI) ranged between 0.93 to 0.98. In other words, the efficiency of utilizing TNC by the rice was extremely high. The contribution of preheading storage to yield were 17.8-22.5% and 11.6-17.9% for the first and second crops, respectively.

No consistent relationship between N concentration in leaf blade at heading and final grain yield was observed. However, compared to the second crop, the first crop rice in Pingtung had lower leaf blade N but significantly higher yield, indicating the correlation between these two characters was not simple. Harvest N index (HNI) was 0.70-0.81 for the first and 0.65-0.76 for the second crop. The interaction between the translocation of N and TNC from vegetative tissue to the grain was suggested.

Analysis of yield componts showed similar 1,000-grain weight and product of

* Supported by a grant 1982-4.1-47 (2—10) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

spikelet number per panicle by the percentage of ripened grain. The lower yield of the second crop rice was caused by few panicle number and lower contents of dry matter and TNC at heading. The enhancement of photosynthetic capability during grain-filling was also of utmost importance in terms of increasing the yield of second rice crops in Taiwan.

# 臺灣水稻之光合特性與不同水稻品種在第一、二期作之物質生產及穀實生產性的比較*

翁仁憲　陳清義

國立中興大學植物學系

## 摘　要

為改進第二期稻作之產量，提供參考資料，本文曾以物質生產的立場，比較第一、二期稻作之物質生產及穀實生產特性，茲將所得結果摘要於下。

1.從物質生產之觀點視之，第二期稻作之減產原因為生物產量及收穫指數同時降低之故。又產量構成之四要素中第二期稻作之稔實率降低為減產之最重要因素。

2.本實驗中，造成第二期稻作生物產量偏低之主因為營養生長期間較短，而葉面積指數（LAI）及純同化率（NAR）同時降低所致。惟 NAR 之降低，並非因其單葉光合能力降低，而可能為高溫促使呼吸消耗量增加，及寡日照導致單葉之光合能力無法發揮所致。

3.又第二期稻作之收穫指數及稔實率降低之最大原因，為出穗期稈部蓄積之非構造性炭水化合物（TNC）量減少，因而導致可能轉流到穗部之同化產物量及穗部接受同化產物之能力同時降低所致。

要之，根據本研究結果，可推測採用在高溫、寡日照環境下，光合作用旺盛而呼吸消耗量較少之品種，及提高水稻稈部在出穗期之 TNC 蓄積量的步驟，此將為提高臺灣第二期稻作穀實產量之一有效措施。

## 前　言

植物體的乾重，90%以上來自光合成產物，故作物之產量取決於乾物生產量（biological yield, YB）及收穫指數（harvest iendex, HI）。臺灣的第二期稻作產量平均低於第一期作約25%，近年雖有許多研究者曾從不同角度探討此問題（陳與陳，1979；鄭，1972；周與陳，1979；朱等，1980；黃，1979；謝，1979；謝與劉，1979；謝，1978；林與蘇，1976；林等，1979；林與談，1979；林與戴，1979；羅等，1977，1979；施等，1978），但尚缺少對乾物生產能力及收穫指數兩方面同時進行討論的報告。著者等有鑑於此問題的重要性，曾進行一連串研究加以探討，並獲致部分結果。

構成穀實之同化產物可分為兩部分，即出穗前蓄積於稈部，而於出穗後轉流至穀實者，另為抽穗後之光合成產物。一般出穗後之光合成產物，約佔穀實內容物之70%以上，故傳統上，稻作學家均認為，提高出穗後水稻之同化量為提高產量之最有效方法，而輕視出穗前光合產物對穀實生產之貢獻（松島，1968），但最近翁等（1982）發現，出穗期貯藏於稻體內之非構造性炭水化物（TNC）不但

*行政院農業發展委員會補助計畫71農建—4.1—產—47（2—8）。

是穀實的構成分之一，同時亦有促進穗部接受同化產物之能力，故主張同時提高出穗期之 TNC 及出穗後之同化量是增加稻穀產量之最有效途徑。

基於上述理由，本研究乃以物質生產之觀點，比較第一、二期稻作之物質生產及穀實生產特性，作為改進第二期稻作產量之參考。

## 材料及方法

1.材料

為求所得結果具較廣汎之代表性，儘量選用多數品種，包括本省之在來秈稻烏尖、早期之改良秈稻臺中在來1號、最近推廣之秈稻臺中秈3號、早期之稉稻臺中65號、50年代之稉稻臺南5號、最近推廣之稉稻臺農67號，及外國品種 Firooz、Mahing、IRAT 13、Kinandang Patong 等共10品種，惟其中 Firooz 及 Mahing 僅在第一期作栽植，而 IRAT 13及 Kinandang Patong 僅在第二期作種植外，其餘各品種於一、二期作均予栽培試驗。

2.栽培方法

於70年第二期作及71年第一期作，種植於臺中市中興大學校區內之水田。採用 25×10cm、25×20cm 及 25×40cm三種密度，俾使出穗前及出穗後之物質生產量發生差異，以便探討其物質生產及穀實生產特性。其餘之栽培管理則採用臺中地區之一般方法行之。

3.調查項目及方法

（i）乾重：採用翁等（1982）之方法，於最高分蘗期（約在出穗前30日），孕穗期（約在出穗期15日）及出穗期，成熟期各調查一次。

（ii）葉面積：將（i）項所採下之葉片，放入美國 LI-COR 出品之 Area meter（Model 3100）測定之。

（iii）穎花數：採用翁等（1982）之方法實施。

（iv）生長速率（CGR），純同化率（NAR）及平均葉面積（LAI）：將（i）（ii）項所測得之數據，以下列公式計算之（Sestak *et al.*, 1971；Watson, 1958）。

$$CGR = W_2 - W_1 / t_2 - t_1 \quad \cdots\cdots (1)$$

$$NAR = (W_2 - W_1)(\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1)(A_2 - A_1) \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\overline{LAI} = (A_2 - A_1) / (\ln A_2 - \ln A_1) \quad \cdots (3)$$

但 $(t_2 - t_1)$, $(W_2 - W_1)$ 及 $(A_2 - A_1)$ 分別為兩次取樣之間隔日數，總乾重差，及葉面積指數（LAI）之差。

（v）單葉之光合成速率：利用翁及陳（1982）所設計、製作之光合作用測定裝置測定，在整個測定過程中，同化箱內之平均風速為 150cm/sec，溫度為 30±0.5°C，相對濕度為80±2.5%，光度 50klx，供試葉片為植株已完全展開之最上位葉。

（vi）稈部非構造性碳水化合物（TNC）之分析：採用 35% $HClO_4$ 將多醣類分解成單醣後，以 Anthrone 顯色法定量之（Hansen and Moller, 1975）。

（vii）葉身全氮量分析：採用 Semimicro-Kjedahl 法（木內，1975）分析之。

## 結　果

1.一、二期稻作乾物生產與穀實生產之比較由於穀實產量係由生物產量（YB）及收穫指數（HI）所構成。為瞭解臺灣第二期稻作低產現象與 YB 及 HI 之關係，將本實驗所得各品種在不同栽植密度下之稻穀產量與 YB（收穫期之總乾重）及 HI 之關係如圖1。由此圖可知，稻穀產量與收穫期之總乾物重及 HI 之間，均呈顯著的正相關關係，而第二期作收穫期之總乾重及 HI 均較第一期作低，表示第二期稻作之低產現象為 YB 及 HI 同時降低所致。

為進一步瞭解第一、二期稻作之物質生產及穀實生產特性，特將各種資料列於表1。由此表可知，各品種在出穗期之乾重，收穫期之乾重及穀重，收穫指數等，第一期作均較第二期作高，但出穗期至收穫之乾物生產量，則第一、二期作之間未見有差異。表示在本研究之實驗條件下，造成第二期稻作穀實低產之原因，係 YB 及 HI 同時低下所致，而 YB 降低之主要原因為營養生長期之物質生產量偏低。

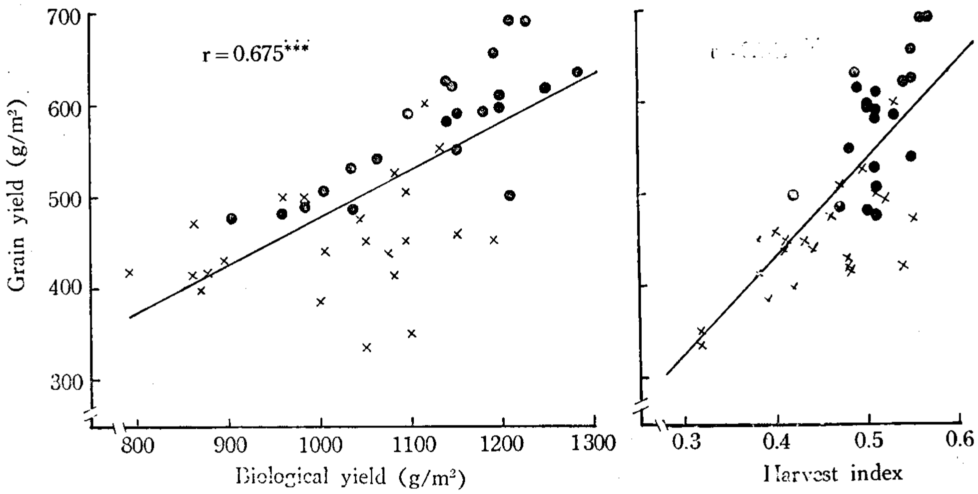



圖1. 穀實產量與生物產量及收穫指數之關係

**Fig. 1.** The relationships of grain yield to biological yield and harvest index.

● : First Crop, X : Second Crop, *** : Significant at 0.1% level.

**表1.** 第一、二期稻作出穗期乾重 ($W_1$)，收穫期乾重 ($W_2$)，從出穗至收穫之乾物生產量 ($W_2-W_1$)，穀實重 (Wg) 及收穫指數 (HI) 之比較。

**Table 1.** Comparison of dry weight at heading stage ($W_1$), dry weight at harvest ($W_2$), dry matter production from heading stage to harvest ($W_2-W_1$), grain weight (Wg) and harvest index (HI) between first and second crops.

| Variety | $W_1$ (g/m²) | | $W_2$ (g/m²) | | $W_2-W_1$ (g/m²) | | Wg (g/m²) | | HI $\left(\frac{Wg}{W_2}\right)$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I* | II* | I | II | I | II | I | II | I | II |
| Taichung No. 65 | 763 | 682 | 1,138 | 1,005 | 375 | 323 | 581 | 440 | 0.51 | 0.44 |
| Tainan No. 5 | 857 | 732 | 1,199 | 1,048 | 342 | 316 | 596 | 451 | 0.50 | 0.43 |
| Tainung No. 67 | 945 | 690 | 1,287 | 1,083 | 342 | 393 | 632 | 525 | 0.49 | 0.48 |
| Woo-gen | 972 | 866 | 1,207 | 1,096 | 235 | 230 | 502 | 452 | 0.42 | 0.41 |
| Taichung Native No. 1 | 890 | 636 | 1,139 | 959 | 249 | 323 | 624 | 502 | 0.55 | 0.52 |
| Taichung Sen No. 3 | 898 | 762 | 1,193 | 1,133 | 295 | 371 | 654 | 553 | 0.55 | 0.49 |
| Average | 888 | 728 | 1,194 | 1,054 | 306 | 326 | 598 | 487 | 0.50 | 0.46 |
| | (100) | (82) | (100) | (88) | (100) | (107) | (100) | (81) | (100) | (92) |

* I : First crop, II : Second crop.

2.出穗前第二期稻作物質生產量偏低之原因

植物之乾物生產量取決於生長期間之長短及生長速率 (CGR) 之大小。第二期稻作之營養生長期較短，固然會影響其乾物生產量。鄔等 (1975) 亦謂第二期稻作之 CGR 亦較第一期稻作低。因 CGR 係由葉面積指數 (LAI) 及純同化率 (NAR) 所構成，表2爲稉稻及秈稻各3品種， 25cm×20cm 栽植密度區之 CGR、NAR、LAI、以及與 NAR 有關之單葉光合成速率，葉身之全氮含量等之測定結果。表中 CGR、NAR、LAI 係最高分蘖期 (約爲出穗前30日) 至出穗期之間，每隔15天調查一次，計三次所得結果之平均值，葉身全氮含量爲最高分蘖期與出穗期分析二次之平均值。單葉之光合成速率爲最高分蘖期所得結果。水稻一生中，其生長速率最大的時期爲出穗前30日至出穗這段時間 (鄔等，1975) ，在此段期間，如表2所示，各品種在第二期作之 CGR 均較第一期作低，因此，第二期稻作在出穗期之乾物重較低，係生育期間較短及生長速率降低所致。

表2. 第一、二期稻作生長速率 (CGR) ，純同化率 (NAR) ，平均葉面積指數 ($\overline{LAI}$), 50klx 光照下單葉之光合速率 ($P_{50}$) 及葉身全氮含量 (N%) 之比較。

**Table 2.** Comparison of crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), average leaf area index ($\overline{LAI}$), photosynthetic rate of single leaf at 50 klx ($P_{50}$) and total nitrogen concentration (N%) between first and second crops.

| Variety | CGR ($g/m^2/day$)* | | NAR ($g/m^2/day$)* | | | ($\overline{LAI}$ ($m^2/m^2$)* | | $P_{50}$** ($mgco_2/dm^2/hr$) | | N%* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | I | II | II*** | I | II | I | II | I | II |
| Taichung No. 63 | 19.64 | 16.93 | 5.82 | 8.47 | 5.01 | 3.28 | 1.58 | 28.56 | 31.51 | 2.70 | 2.91 |
| Tainan No. 5 | 20.93 | 13.97 | 7.71 | 7.08 | 5.23 | 2.77 | 1.99 | 30.57 | 31.50 | 2.76 | … |
| Tainung No. 67 | 20.56 | 17.15 | 5.70 | 8.44 | 3.50 | 3.63 | 2.16 | 29.79 | 33.04 | 2.39 | 2.81 |
| Woo-gen | 23.59 | 19.83 | 7.54 | 7.51 | 6.50 | 3.11 | 2.68 | 27.62 | 26.00 | 2.30 | 2.45 |
| Taichung Native No. 1 | 21.39 | 15.38 | 6.43 | 5.58 | 4.56 | 3.31 | 2.75 | 29.31 | 26.64 | 2.72 | 3.15 |
| Taichung Sen No. 3 | 22.38 | 16.66 | 6.39 | 6.36 | 4.89 | 3.50 | 2.67 | 31.12 | 31.80 | 2.52 | 2.82 |
| Average | 21.41 | 16.65 | 6.60 | 7.24 | 4.95 | 3.27 | 2.31 | 29.50 | 30.08 | … | … |
| | (100) | (78) | (100) | (1.10) | (75) | (100) | (71) | (100) | (102) | … | … |

*: From maximum tiller number stage to heading stage, **: Maximum tiller number stage, ***: Cor ection value. I: First crop, II: Second crop.

因 CGR 係由 LAI 及 NAR 所構成。由表2得知，各品種第二期作之 LAI 均較第一期作低，而 NAR 則無一定趨勢，但 NAR 與 LAI 之間有負相關關係 (翁等，1982；Watson, 1958) 。因此，NAR 之比較必需在 LAI 相同的情況下進行方可；故本研究乃利用 NAR＝a－bLAI (翁等，1982) 之回歸方程式，分別求出各品種在第二期作之 a 與 b 後，再將第一期作之 LAI 代入，求得與第一期作相同 LAI 條件下，第二期作之 NAR ，其值同列於表2。由此表可知，在與第一期作相同的 LAI 情況下，各品種在第二期作之 NAR 均較第一期作低。這些結果顯示第二期稻作之 CGR 減低，係LAI 及 NAR 同時降低所致。

單葉之光合速率係影響 NAR 之一因子，由表2可知，第二期稻作在實驗室內，濕度、溫度適當

，光照充足時，其單葉之光合成速率，並不比第一期作遜色，此點周與陳（1979）亦有報導。由於本研究中，單葉之光合速率，僅在最高分蘗期測定一次，這一次的結果，可能無法完全代表從最高分蘗期至出穗期之間光合成速率的實態，但在水稻之營養生長期，其葉身全氮含量與光合速率之間有密切之正相關關係（村田與長田，1959；折谷等，1979），本研究所得在最高分蘗期到出穗期這段時間內，第二期稻作之葉身含氮量亦未低下（表2）。關於此點，周與陳（1979），Chen *et al.* (1980) 亦有同樣的報導，故由葉身含氮量，可推測第二期稻作之光合成能力並未降低，可見第二期稻作 NAR 之降低，可能係第二期稻作之營養生長處於高溫寡照的狀況（陳與陳，1979）下，不僅光合能力無法發揮，其呼吸消耗量較大所致。今後應對此問題進行深入的研究。

3. 第二期稻作收穫指數較低的原因

影響作物收穫指數之因素很多，其中較重要者爲（1）稈之長短（Donald and Hambilim, 1976）及（2）同化產物往穗部之轉流能力。同化產物往穗部之轉流能力，係受穗之容量、轉流路徑之機能及穗部對同化產物之接受能力所支配（川原等，1977；村山，1971）。

爲探討第二期稻作收穫指數較低之原因，茲將可能影響收穫指數之諸因子列於表3。

**表3.** 第一、二期稻作千粒重、稈長，穎花數、穗數，稔實率及出穗期稈部非構造性炭水化合物含有率（TNC%），及蓄積量（$W_{TNC}$）之比較。

**Table 3.** Comparison of 1,000 grains weight, culm length, spikelet number, ear number, percentage of ripened grains, tatal non-strucural carbohydrates concencentration of culm at heading stage (TNC%) and TNC accumulation in culm at heading ($W_{TNC}$) between first and second crops.

| Variety | Culm length (cm) | | 1,000 grainsf weight (g) | | Spikelet No. ($10^4/m^2$) | | Ear No. ($No./m^2$) | | Percentage of ripened grains (%) | | TNC% | | $W_{TNC}$ ($g/m^2$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | I | II | I | II | I | II | I | II | I | II | I | II |
| Taichung No. 65 | 85 | 90 | 27.44 | 29.92 | 2.51 | 2.25 | 328 | 251 | 86 | 72 | 28.71 | … | 128 | … |
| Tainan No. 5 | 81 | 86 | 25.69 | 26.11 | 2.24 | 2.45 | 315 | 259 | 92 | 52 | 31.34 | 27.51 | 171 | 129 |
| Tainung No. 67 | 83 | 81 | 25.01 | 26.73 | 2.89 | 2.72 | 319 | 220 | 91 | 87 | 29.01 | 23.59 | 166 | 99 |
| Woo-gen | 103 | 134 | 25.46 | 24.65 | 3.19 | 2.66 | 261 | 265 | 85 | 69 | 33.90 | 29.18 | 206 | 155 |
| Taichung Native No. 1 | 59 | 62 | 22.73 | 23.47 | 2.93 | 2.92 | 373 | 340 | 91 | 74 | 39.74 | 28.32 | 212 | 97 |
| Taichung Sen No. 3 | 63 | 59 | 27.03 | 25.56 | 3.07 | 3.29 | 250 | 261 | 77 | 54 | 31.63 | 31.56 | 164 | 133 |

I：First crop, II：Second crop.

由表3得知，在同一期作中，稈長較長品種，其收穫指數有偏低之趨勢；又比較同一品種在不同期作之稈長，可知老品種烏尖。在二期作之稈長較一期作長，而新品種臺農67號與臺中秈3號則較一期作短，但此期作間之稈長變化，如與表1所列之期作間收穫指數之變化相比較，即可知兩者之變化趨勢並不一致，由此可推測影響收穫指數之因子，除稈長外，尚有其他原因發生影響。

其次觀看穎花數及千粒重，此兩項的數值第二期作略有較高之趨勢，可知第二期作實穀產量降低與穗部之容量無關，至於轉流途徑之機能問題，尚需待今後之探討。另由表3可知，在出穗期，無論稈中非構造性碳水化合物（TNC）之含有率，或單位土地面積上稈部所蓄積之 TNC 絕對量，一

期作均較二期作高，因此可推測第二期作收穫指數降低，出穗期稈部之 TNC 蓄積量之減低，而導致其穗部接受同化產物能力降低為可能原因之一。

為進一步探討稈部之 TNC 是否能提高穗部接受同化產物之能力，特根據翁等 (1982) 之方法，利用列於表 4 之不同品種、栽植密度及期作所得之全部資料，以複迴歸法求得出穗期至收穫之穗重增加量（△E）與出穗期稈之 TNC 蓄積量（C）及出穗期至收穫之乾物生產量（△W）之關係，得式（4）之複迴歸方程式。此

表4. 品種，栽植密度及期作對出穗期稈部非構造性炭水化合物之蓄積量，從出穗至收穫之乾物生產量及穗重增加量之影響。

**Table 4.** Influence of variety, planting density and crop season on total non-structural carbohydrates accumulation of culm at heading, dry matter production and ear weight increase during ripening period.

| Variety | planting density* | C | | △W | | △E | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | I | II | I | II |
| Taichung No. 65 | A | 138 | 60 | 312 | 269 | 439 | 333 |
| | B | 128 | … | 375 | 322 | 450 | 370 |
| | C | 151 | 101 | … | 230 | … | 247 |
| Tainan No. 5 | A | 152 | 86 | 298 | 348 | 503 | 353 |
| | B | 171 | 129 | 341 | 316 | 517 | 376 |
| | C | 249 | 89 | 261 | 321 | 525 | 282 |
| Tainung No. 67 | A | 161 | 65 | 370 | 388 | 533 | 423 |
| | B | 167 | 99 | 342 | 393 | 537 | 443 |
| | C | 218 | 79 | 286 | 354 | 548 | 379 |
| Woo-gen | A | 205 | 124 | 208 | 281 | 417 | 391 |
| | B | 207 | 157 | 235 | 230 | 355 | 380 |
| | C | … | 120 | … | 294 | … | 386 |
| Taichung Native No. 1 | A | 176 | 69 | 243 | 287 | 446 | 337 |
| | B | 212 | 97 | 250 | 323 | 533 | 409 |
| | C | 254 | 84 | 282 | 259 | 520 | 346 |
| Taichung Sen No. 3 | A | 181 | 127 | 309 | 427 | 563 | 499 |
| | B | 164 | 133 | 274 | 372 | 551 | 455 |
| | C | 193 | 151 | 376 | 331 | 585 | 424 |
| Firooz | A | … | 68 | … | 356 | … | 338 |
| | B | … | 110 | … | 336 | … | 364 |
| | C | … | 93 | … | 322 | … | 339 |
| Mahing | A | … | 70 | … | … | … | … |
| | B | … | 92 | … | 236 | … | 337 |
| | C | … | 83 | … | 228 | … | 336 |
| IRAT 13 | A | 157 | … | 227 | … | 406 | … |
| | B | 166 | … | 309 | … | 456 | … |
| | C | 210 | … | 268 | … | 502 | … |
| Kinandang Patong | A | 145 | … | 187 | … | 419 | … |
| | B | 202 | … | 287 | … | 532 | … |
| | C | 192 | … | 143 | … | 419 | … |

* : A : 25cm×40cm, B : 25cm×20cm, C : 25cm×10cm.
C : Total non-structural carbohydrates accumulation of culm at heading.
△W : The amount of dry matter production from heading stage to harvest.
△E : The ear weight increase from heading stage to harvest.
I : First crop, II : Second crop.

$$\triangle E=33.03+1.38C+0.67\triangle W \cdots\cdots\cdots (4)$$
$$R=0.851^{***}$$

方程式達到 0.1%顯著水準，與翁等（1982）在日本九州所獲得之結果大致相同，顯示以穗部之容量充足，而轉流路徑之機能正常爲前提，任何可使C及△W增加的步驟，均能增加△E。

其次，式（4）中 C 與 △W 之係數各爲1.38及0.67，兩者相差在一倍左右，表示增加 C 量對穀實之增產效果較增加 △W 的效果約大一倍。又 C 之係數大於1，表示 C 非但可轉流到穗部成爲穀實之一部分，還能促進其他同化產物往穗部轉流而造成收穫指數之增加。

茲再述出穗期稈部蓄積之 TNC 量與稔實率之關係於下，因稔實率除了受同化產物之影響外，尙易受穎花數之支配，故於探討 TNC 量與稔實率之關係時，應先將 TNC 量除以穎花數才較合理。由圖2可知，TNC 量／穎花數之比，在8mg/No. 以下時，其比值愈高之品種或處理，其稔實率愈高。另由表3亦可知，第二期作之千粒重，一般較第一期作高，但稔實率比第一期作低，故可推測，出穗期稈部所蓄積之 TNC 係促進稔實率而非促進千粒重之增加，其原因，翁等（1982）認爲

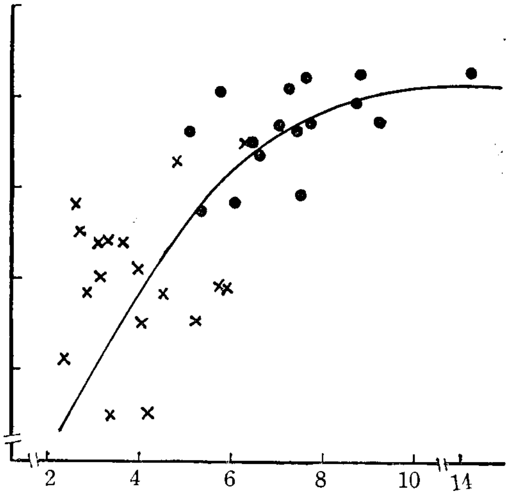



**圖2.** 稔實率與稈中 TNC 量／穎花數比之關係

**Fig. 2.** The relationship between percentage of ripened grains and **total** non-structural cabohydrates accumulation in culm per spikelet at heading stage (c/s. N). ● : First crop, X : Second crop.

可能爲 TNC 有促進穎花蓄積同化產物能力所致。至於 TNC 量／穎花數之比在 8mg/No. 以上時，此比值對稔實率之影響將漸趨於減小，故據此可推測，TNC ／穎花數之比值在 8mg/No. 時最合適，若不足於此數值稔實率將降低，而過多則發生 sink limiting 現象。

綜合上述的結果，大致可得到下面的結論：二期稻作之低產現象係生物產量及收穫指數同時降低所致。生物產量降低之原因，係第二稻作營養生長期較短，加之，LAI 及 NAR 同時降低所致。收穫指數降低之原因，部分可能與二期作之稈長稍長有關，但主要爲營養生長期之物質生產量偏低，導致在出穗期稈部 TNC 蓄積量之不足，而促使能夠轉流到穗部之同化產物減少，並促使穗部接受同化產物之能力減低所致。故欲增加第二期稻作之穀實產量，除依照傳統上的觀念—增加出穗後之物質生產量外，提高營養生長期之物質生產量的策措亦不可忽視。

## 討　　論

以往之研究結果認爲，臺灣第二期稻作減產之原因在於穗數、一穗粒數、千粒重及稔實率降低，惟其受影響之性狀及程度仍有地域及品種間之差異（黃，1979；謝，1979；鄔等，1975）。其中穗數可用施肥法（施等，1978）增加栽植密度（羅等，1977；鄔等，1975）或利用植物生長調節素（施等，1978）促其增加。一穗粒數可用施肥法（謝，1979；羅等，1977）促其增加，而稔實率則較難解決（羅等，1977）。第二期稻作稔實率之降低，一般認爲主要係出穗至成熟這段時間內之低溫、寡照，使水稻之物質生產量降低，及同化物質往穗部之轉流受阻所致，而營養生長期之物質生產對稔實率影響之研究，至今尙極缺少（朱等，1980；林等，1979；羅等，1979）。最近翁等（1982）發現，出穗期稻體所蓄積之 TNC 對稔實率之提高有極大效果。在本實驗中，第二期稻作在出穗後之乾物生產量並未降低，而從出穗至成熟這段時間內，即9月上、中、下旬之平均氣溫分別爲 26.3°C、26.8°C 與 26.6°C，此與松島（1968）所謂之轉流適溫（25°C）極相近，故第二期作同化產物往穗部之轉流應不受低溫之影響。據本實驗10個品種，在不同期作

及三種栽植密度所得資料，顯示不同品種及栽植密度所產生之 TNC 蓄積量之差異均影響穗重增加量及稔實率（圖2），故本實驗中第二期稻作稔實率偏低之主要原因應為第二期作出穗期 TNC 蓄積量偏低所致。

有關 TNC 對穀實生産之重要性，以往均被日本學者所輕視，但最近經翁等（1982）重新檢討，而發現 TNC 對水稻穀實生產之重要性。在臺灣近年有多位研究者（鄭，1972；林與戴，1979；Chen *et al.*, 1980）指出，第二期稻作出穗期稈部 TNC 含有率較第一期作低，顯示第二期稻作之低產現象可能與其稈部之 TNC 含有率較低有關。但這些研究均僅限於稈部 TNC 含有率之研究，而對 TNC 之蓄積量則未見有人進行探討，故 TNC 與穀實產量之關係亦尚未十分明瞭。本研究所得之結果與翁等（1982）所得結果極相似，再次證明出穗期稈部所蓄積之 TNC，在水稻穀實生產過程中扮演著重要角色。此表示稈部所蓄積的 TNC，不僅可增加，往穗部轉流之量，並可增加穗部接受同化產物之能力。在臺灣已有多人指出，同化產物往穗部之轉流情形，第二期作較第一期作差（鄭，1972；謝，1979；林與談，1979；林與戴，1979），林與談（1979）認為此係第二期作出穗後之低溫寡照使同化產物往穗部之轉流受阻所致。但由本實驗之結果得知，第二期作出穗期稈部之 TNC 含量較低亦為影響稔實率之重要原因，尤其在中南部，第二期作穀實充實期間之溫度尚高，故同化物質之轉流受低溫影響的程度較少，而受 TNC 影響的可能性較大。

又公式（4）雖表示出穗後之物質生產量（△W）對穀實生產之效果較 TNC 低，但△W 之絕對量則較 TNC 大，故△W 對穀實生產之貢獻亦不能忽視。於此，最理想的方式應為同時增加出穗期 TNC 之蓄積量及出穗後之物質生產量，如此，不僅可使轉流到穗部之同化產物量增加，並增加穗部對同化產物之接受能力而得到雙重的增產效果。

但根據翁等（1982）之結果及由圖2可看出，TNC 量／穎花數之比，在 8mg/No. 以下時稔實率偏低，超過 8mg/No. 時，則稔實率不再增加，據此推測，TNC 量／穎花數之比，以 8mg/No. 最合適。故此比值偏低時宜增加 TNC 之蓄積量，偏高時宜增加穎花數。又如圖2所示第二期稻作之 TNC 量／穎花數比均低於 8mg/No. 甚多，故增加出穗期之 TNC 蓄積量將為提高第二期稻作稔實率及產量之一重要措施。

增加出穗期 TNC 蓄積量之方法有二：其一為增加營養生長期之乾物生產量，其二為提高稻作之 TNC 蓄積能力。由表1與表2得知，第二期稻作營養生長期之物質生產量及出穗期稈部之 TNC 含有率同時降低，故提高第二期稻作出穗期之 TNC 蓄積量，應同時促進其營養生長期之物質生產能力及 TNC 蓄積能力。

在臺灣關於稻作物質生產特性之研究至今尚不多，但以往的數篇報告（謝，1979；鄔等，1975）關於營養生長期之實驗結果，均報告第二期作之物質生產量較第一期作低，並說明其原因為第二期作之營養生長期較短，林與蘇（1976）認為係 LAI 及葉綠素含量降低所致。本研究則發現第二期作之 LAI 及 NAR 同時降低，但周與陳（1979）及本研究均發現第二期作單葉之光合速率並未降低，可知第二期作物質生產量較低，可能是在高溫條件下呼吸消耗量多以及在寡照之環境下不能發揮其光合能力所致。於此欲增加第二期稻作之物質生產能力，似應着重尋找能够在高溫、寡照條件下，維持較大的 LAI 及 NAR 的品種。

## 誌　謝

本研究承蒙農業試驗所黃真生博士，鄧耀宗先生，曾東海先生，卜瑞雄先生及中興大學李成章博士，蔡國海博士提供種子，謹此致謝。

## 引用文獻

1. 朱鈞、郭華仁、邱淑芬．1980．一、二期水稻發育中穀粒乾物質之蓄積與充實特性。科學發展月刊 8（5）：414—427。
2. 周瑞國、陳清義．1979．臺灣一、二期水稻數種生理特性之比較研究。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」（謝順景、劉大江編）。國科會討論會專集第二號，國科會，臺北。
3. 林安秋、蘇新．1976．第二期稻作低產原因之研究。II 一、二期作水稻群落光合作用比較。科學發展月刊 4（11）：5—21。
4. 林安秋、賴光隆、李祿豐．1979．第二期稻作低產

原因之研究。4.臺灣北部地區第一、二期作水稻之抽穗及稔實特性比較。中華農學會報新 107：17—24。

5.林安秋、談嘉俊・1979・第二期稻作低產原因之研究。5.本省北部地區第一、二期作水稻之14C—同化物質轉運與分配之比較研究。中華農學會報新107：25—35。

6.林美麟、戴國興・1979・屏東地區一、二期稻作光合成物質聚積之變化及其稻穗成長過程之比較研究。科學發展月刊7（4）：394—400。

7.施景垣、張和、楊遜謙、吳育郎・1978・葉面施肥及施用生長調節素對二期稻作產量之影響。科學發展月刊6（11）：17—35。

8.陳明義、陳清義・1979・臺灣中南部稻田微氣象之研究。68年度聯合年會特刊，第69—83頁。中華農學會，臺北。

9.黃真生・1979・臺灣水稻第二期作低產之原因。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」（謝順景、劉大江編）。國科會討論會專集第二號，國科會，臺北。

10.鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳來貴、張萬來、林富雄、吳育郎。1975。第二期稻作低產原因之探討。科學發展月刊3（10）：5—39。

11.鄭雙福・1972・高雄地區第一、二期水稻生育過程碳水化合物聚積與分佈之比較研究。屏東農專學報13：1—16。

12.謝昱暲・1979・一、二期水稻之生長與光合作用構成因子。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」（謝順景、劉大江編）。國科會討論會專集第二號，國科會，臺北。

13.謝順景、劉大江（編）・1979・臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。國科會討論會專集第二號，國科會，臺北。

14.謝順景・1979・臺灣一、二期作稻產量構成要素及其他性狀表現之差異。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」（謝順景、劉大江編）。國科會討論會專集第二號，國科會，臺北。

15.羅其正、鄔宏潘、楊遜謙・1977・二期稻作低產原因之探討及其解決方法。Ⅰ.單位面積內穎花數之變化及其與產量間之關係。科學發展月刊5（9）：745—761。

16.羅其正、鄔宏潘、姚琇香・1979・臺灣水稻生產力的基礎研究—生育控制下兩期作間稻株稔實率差異原因之探討。科學發展月刊7（7）：691—699。

17.川原治之助、松田智明、長南信雄・1977・稻の形態形成に關する研究。第11報小穗軸維管束の微細構造と轉流機構について。日作紀46（4）：537—542。

18.木內知美・1975・無機成分分析法（窒素）。作物分析法委員會編，栽培植物分析測定法，pp. 64-67，養賢堂，東京。

19.村田吉男、長田明夫・1959・水稻の光合成に關する研究。第12報肥料三要素供給量と光合成能力との關係。日作紀28：184—187。

20.村山登・1971・多收穫水稻の營養特性。農業及園藝46：145—149。

21.折谷隆志、圓佛利康、葭田隆治・1979・作物の窒素代謝に關する研究。第16報水稻各品種における光合成，葉面生長と N 代謝との關係。日作紀48（1）：10—16。

22.松島省三・1968・稻作の理論と技術，pp. 168, 177，養賢堂，東京。

23.武田友四郎・1972・光合成と物質生產。松尾孝嶺編，稻の形態と機能，pp. 175-177，農業技術協會，東京。

24.津野幸人・1970・イネの科學，pp. 115, 164，農文協，東京。

25.翁仁憲、武田友四郎、縣和一、箱山晉・1982・水稻の子實生產に關する物質生產的研究。第1報出穗期前に貯藏された炭水化物および出穗後の乾物生產が子實生產に及ぼす影響。日作紀51（4）：500—509。

26.翁仁憲、武田友四郎、縣和一、箱山晉・1982・同上。第二報出穗期前における乾物生產力の品種間差。日作紀51（4）：510—518。

27.翁仁憲、武田友四郎、縣和一、箱山晉・1982・同上。第3報出穗期前における乾物生產力の品種間差異をもたらす要因の解析。日作紀51（4）：519—528。

28.翁仁憲、陳清義・1982・大豆之光合作用與物質生產特性之研究。第1報：多季裏作大豆之物質生產特性，中興大學理工學報19：147—154。

29.Chen, C. S., D. D. Huang, M. C. Shen and D. J. Liu. 1980. Carbohydrate, N, P and K status of developing rice plants grown in the first and second crop seasons in Taiwan. Jour. Agric. Res. China 29(2)：81-92.

30.Donald, C. M. and J. Hambilm. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. Advances in Aronomy 28 : 361-405.

31.Hansen, J. and I. Moller. 1975. Percolation of starch and soluble carbohydrates from plant tissue for quantitative determination with anthrone. Analytical Biochem. 68 : 87-94.

32.Sestak, Z., J. Catsky and P. G. Jarvis. 1971. Plant photosynthetic production, manual of methods. The Hague. Netherlands. pp. 343-391.

33.Watson, D. J. 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. Ann. Bot. N. S. 22 : 37-55.

# Photosynthetic Characteristics, Dry Matter Production and Grain Yield of the First and the Second Rice Crops in Taiwan*

Jen-Hsien Weng, Ching-Yin Chen

*Department of Botany*
*National Chung-Hsing University*
*Taichung, Taiwan 400*
*Republic of China*

## Summary

In order to understand and improve the low yield of the second rice crop in Taiwan. The characterstics of dry matter production and grain yield of the first and the second crops were investigated. The results obtained are summarized as follows:

1. On the point of dry matter production, the decrease of both biological yield (YB) and harvest index (HI) was the cause of low yield of the second crop. In the four major components of yield, the low percentage of ripened grain was the main factor of the low yield of the second crop.
2. The short vegetative period and the decrease of both leaf area index (LAI) and net assimilation rate (NAR) were the major factors of low biological yield of the second crop. The decrease of NAR was not due to the decrease of photosynthetic ability of single leaf. The high temperature increased the consumption of respiration and the solar radiation could not complete the photosynthetic abilityof single leaf. Those were the main causes of NAR decrease.
3. The increase of total non-structural carbohydrates (TNC) accumulation of culm at heading stage was one of the effective steps for increasing the grain yield of the second crop. We found that the major factors of low HI and low percentage of ripened grain were the decrease of TNC accumulation of culm at heading stage, so that the assimulate transferable to ear and accepting the ability of ear were decreased, too.

From results obtained, we found two effective steps for promoting the grain yield of the second crop. One, to find the varieties with high photosynthetic ability in weak light and low comsumption of respiration in high temperature, another, to improve the TNC accumulation of culm at heading stage.

* Supported by a grant 1982-4.1-47 (2—8) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, ROC.

# 一、二期作水稻穀粒充實特性與產量構成要素之關係*

朱　鈞　盧虎生

國立臺灣大學農藝學系


## 摘　要

包括秈、稉稻8個水稻品種，一、二期作田間種植於臺大試驗農場，探討穀粒充實特性與產量構成要素關係之變異，期能在一、二期生長環境不同狀況下，充分瞭解穀粒充實特性之差異，以做爲選育高產量品系之依據，或在改進栽培技術方面有所助益，其結果綜合如下：

1.三次多項迴歸式，估算水稻穀粒充實曲線，各品種皆有很高之適合係數（$R^2 \geq 0.95$）可供計算水稻穀粒充實特性之用。

2.品種間之充實速率與充實期有相當大之差異，一期作穀粒充實速率較二期作爲快，而充實期則一期作較二期作爲短。

3.一期作穗重，穀粒產量皆與充實速率呈顯著正相關，而二期作穀粒產量，穗重則與充實期呈顯著正相關，惟二期作雖然充實期延長，但仍無法完全補足因充實速率降低所造成之損失，故穀粒產量較一期作爲低。

4.本省北部地區，不論一、二期作，水稻充實速率遠較充實期對產量貢獻爲大，故建議選育充實速率高之品系，或在生理栽培上充分配合，發揮充實速率之潛力，當對提高水稻之產量有所貢獻。


## 前　言

本省水稻在一、二期作生長狀況下，產量及其他農藝性狀之差異和二期水稻低產之原因，已有甚多研究成果（李與湯，1963；林與蘇，1976；林與陳，1976；林與談，1979；連等，1969；鄔等，1975；謝與殷，1967；謝，1976；謝與劉，1979），惟對水稻穀粒本身的充實特性和穀粒生產之關係，以及在一、二期作不同環境下，二者關係之差異，研究尚少。穀粒生長特性的研究在最近已漸被重視（Evans and Wardlaw, 1976；Gifford and Evans, 1981），穀粒充實爲一種光合成產物的儲積作用，其充實與否受到(1)光合成產物是否充足，(2)光合成產物之輸導是否受到障礙，以及(3)穀粒本身充實能力之高低等因素影響；Jenner（1974a, b）與 Jenner and Rathjen（1972 a, b, 1978）之系列研究顯示穀粒本身的充實能力可能對以後的產量影響甚大。

一般而言，穀粒充實期可大致分爲滯留期（lag period）、有效充實期（effective filling period）及成熟期；而充實特性有三，即滯留期的長短、有效充實期的長短，以及充實速率的高低，後二者尤其爲決定產量的主要因子。作物因種類與品種不同，其充實特性有很大的差異，如小麥以有

*行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—080（2—8）。

效充實期的長短對產量貢獻較大，而玉米則以充實速率較為重要。而同一作物在不同栽培環境下，如溫度與日照等有所差異，充實特性亦有顯著不同，Yoshida and Hara(1977)顯示水稻穀粒在高溫（32/24°C）下之充實速率雖快，但充實期顯著縮短而致粒重下降，較低溫度（20/12°C）時充實期的延長是增加粒重的主要原因。作者之研究（朱等，1980）發現臺灣二期作穀粒充實之滯留期及有效充實期均較一期作長，而充實速率則較第一期作低落，此低落的程度甚至無法由充實期的延長而補足。Jones *et al.* (1979) 在美國加州研究結果顯示水稻穀粒充實速率可能較充實期之長短更為重要。本研究在進一步探求本省北部地區一、二期作穀粒充實特性與產量構成要素之關係，並比較田間栽培8個品種間充實特性在不同生長環境狀況下是否有差異以及其對產量構成要素之影響；在對充實特性充份瞭解後，期能提供針對充實特性在育種上選育高產品系，或在栽培技術上加以改進。

## 材料與方法

1.材料：以新竹56號、臺農67號、臺南6號、臺北311號、臺北306號、嘉農秈11號、NTU 1026與柳頭仔等8個品種，於69年8月及70年2月種植於臺大實驗農場。試驗採用逢機完全區集設計（RCBD），四重複，單本植，管理方法和一般栽培相同。

2.取樣：各品種於50%抽穗時，於當日開花之穗上掛牌，每小區掛牌100穗，每品種共計掛牌400穗，其後每隔四天取樣，每次每品種各取10穗，四重覆共計40穗，於70°C烘乾72小時後稱重。

收獲時各品種每小區取16株，共計48株，分別調查株高、分蘖數，結實率等，農藝性狀。稻穀成熟時，一期作於開花後32天收穫，二期作於開花後40天收穫，收穫時各品種每小區取16株，每品種共計48株，分別調查株高、有效穗數、結實粒數、充實粒數、未充實粒數、百粒重、生育日數等農藝性狀。

3.充實特性之估算（Gilmore and Rogers, 1958；Jones *et al.*, 1979）：應用 cubic polynomial model 之估算法，大致如下：先以開花後每隔4天穗重和時間的變化進行迴歸分析，各品種皆可得三次迴歸曲線，再將此曲線程式分別微分一次及二次；y：穗重，t：開花後天數。

$y=a+bt+ct^2+dt^3$ ……穗重充實曲線……①

$y'=b+2ct+3dt^2$ ………充實速率曲線……②

$y''=2c+6dt$ ………充實速率變化曲線……③

(1)有效充實期之估算：設＝$y'=0$ 於②式中可求得 t，此即為開花後 t 日時充實停止，故吾人以此當作有效充實期（$T_{max}$）。

(2)充實最終（大）穗重之估算：設 $y'=0$ 於②式中求得 t，此 t 代入①式可求得 y，此亦即於充實終止時之穗重，吾人以此為最大穗重（$P_{max}$）。

(3)最大充實速率估算：設 $y''=0$ 於③式中求得 t，此大再代入②式可得一 $y'$，此 $y'$ 即為充實速率曲線中之極大值，亦即為最大充實速率（$R_{max}$）。

(4)平均充實速率之估算：充實開始之穗重與充實終止時穗重二者之差再除以有效充實期，即可得開花後單位時間內穗重的變化，是為平均充實速率（$R_x$）。

(5)充實特性間之相關性測定：將上述求出之各個充實特性進行相關顯著性測定。再以此等充實特性和各品種之農藝性狀及產量進行相關顯著性測定。

## 結　果

1.一、二期作穀粒充實三次多項迴歸曲線：一期作至開花後32天收穫，共可獲得9個穗重取樣值；二期作至開花後40天收穫可得11個取樣值，分別將此9及11個取樣值與天數變化進行迴歸分析，利用 MINITAB 程式檔，各品種一、二期作皆可得一、三次充實曲線，列於表1、2。由於穗重值不大，因此三次項係數甚小。

2.充實曲線迴歸適合度：各品種迴歸曲線皆有其適合系數 $R^2$，列於表1、2。一期作 $R^2$ 值在0.96與0.99之間，二期作則在0.95與0.99之間，由此上述之迴歸曲線可供吾人計算充實特性之用。

3.一、二期作各品種充實特性之估算：

一期作：見表3，最大充實速率介於164mg/day 至 58.2mg/day 之間，其中以柳頭仔最大，為 164mg/day；秈稻比稉稻略高，平均充實速率則介於 74.4mg/day 與 42.0mg/day 之間，以

表1. 70年一期作各品種穀粒充實三次迴歸式

Table 1. The cubic polynominal regression of grain filling (1st crop)

| genotypes | cubic polynominal regression | $R^2$ |
|---|---|---|
| NTU 1026 | $Y=0.401+(0.707\times10^{-2})t+(0.468\times10^{-2})t^2+(0.904\times10^{-4})t^3$ | 0.99 |
| 柳頭仔 | $Y=0.366+(0.976\times10^{-1})t-(0.128\times10^{-2})t^2-(0.812\times10^{-5})t^3$ | 0.96 |
| 臺農 67 號 | $Y=0.346+(0.946\times10^{-1})t-(0.343\times10^{-3})t^2-(0.293\times10^{-4})t^3$ | 0.97 |
| 臺南 6 號 | $Y=0.346+(0.248\times10^{-1})t+(0.384\times10^{-2})t^2-(0.943\times10^{-4})t^3$ | 0.99 |
| 新竹 56 號 | $Y=0.357-(0.191\times10^{-2})t+(0.678\times10^{-2})t^2-(0.154\times10^{-3})t^3$ | 0.99 |
| 嘉秈 11 號 | $Y=0.322+(0.980\times10^{-1})t-(0.532\times10^{-3})t^2-(0.278\times10^{-4})t^3$ | 0.97 |
| 臺北 306 號 | $Y=0.414-(0.371\times10^{-2})t+(0.414\times10^{-2})t^2-(0.834\times10^{-4})t^3$ | 0.98 |
| 臺北 311 號 | $Y=0.328+(0.538\times10^{-1})t+(0.286\times10^{-3})t^2-(0.142\times10^{-4})t^3$ | 0.99 |

表2. 70年二期作各品種穀粒充實三次迴歸式

Table 2. The cubic polynominal regression of grain filling (2nd crop)

| genotypes | cubic polynominal regression | $R^2$ |
|---|---|---|
| NTU 1026 | $Y=0.322+(0.395\times10^{-1})t+(0.928\times10^{-3})t^2-(0.254\times10^{-4})t^3$ | 0.98 |
| 柳頭仔 | $Y=0.362-(0.129\times10^{-1})t+(0.406\times10^{-2})t^2-(0.780\times10^{-4})t^3$ | 0.98 |
| 臺農 67 號 | $Y=0.382+(0.535\times10^{-2})t+(0.272\times10^{-2})t^2-(0.487\times10^{-4})t^3$ | 0.99 |
| 臺南 6 號 | $Y=0.353+(0.650\times10^{-2})t+(0.173\times10^{-2})t^2-(0.304\times10^{-4})t^3$ | 0.99 |
| 新竹 56 號 | $Y=0.309+(0.338\times10^{-1})t+(0.777\times10^{-3})t^2-(0.197\times10^{-4})t^3$ | 0.97 |
| 嘉秈 11 號 | $Y=0.288+(0.284\times10^{-1})t+(0.410\times10^{-3})t^2-(0.974\times10^{-5})t^3$ | 0.95 |
| 臺北 306 號 | $Y=0.294+(0.445\times10^{-1})t+(0.199\times10^{-3})t^2-(0.110\times10^{-4})t^3$ | 0.95 |
| 臺北 311 號 | $Y=0.375+(0.205\times10^{-1})t+(0.119\times10^{-2})t^2-(0.230\times10^{-4})t^3$ | 0.99 |

新竹 56 最大。穗重由 1.84g 至 2.32g 之間，以 NTU 1026 號爲最大；有效充實期則在44.22天至 28.45 天之間，以嘉秈11號最短；柳頭仔雖具有高的最大充實速率，但其穗重不大；平均充實速率也不高。

二期作：見表4，最大充實速率介於 35.2 mg/day 與 57.1mg/day 之間，其中以嘉秈11號最低。平均充實速率介於 28.4mg/day 與 42.5 mg/day 之間，其中亦以嘉秈11號最低。穗重介於 1.43g 與 1.83g 之間，以臺農 67號最重；有效充實期介於33.02天與48.63天之間，其中以嘉秈11號最長。

4.各品種之充實曲線：各品種迴歸後之迴歸曲線分別見於圖1－8，圖1表示傳統曲線與三次迴歸間之比較，傳統爲直線模式，而三次曲線則爲具有二頂點（極大、極小）之曲線，圖2顯示計算生長曲線與實際生長曲線頗爲相符。圖3－8顯示各品種一期作較二期作具有較佳之充實速率與穗重，且一期作之充實期較二期作爲短。

5.充實特性間之相關性：一期作各個充實特性

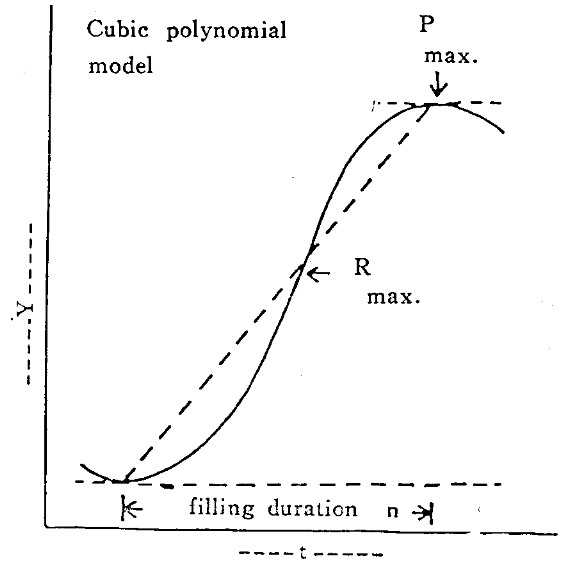



圖1. 穀粒充實曲線模式之比較。

Fig. 1. The comparison of the grain filling curve model

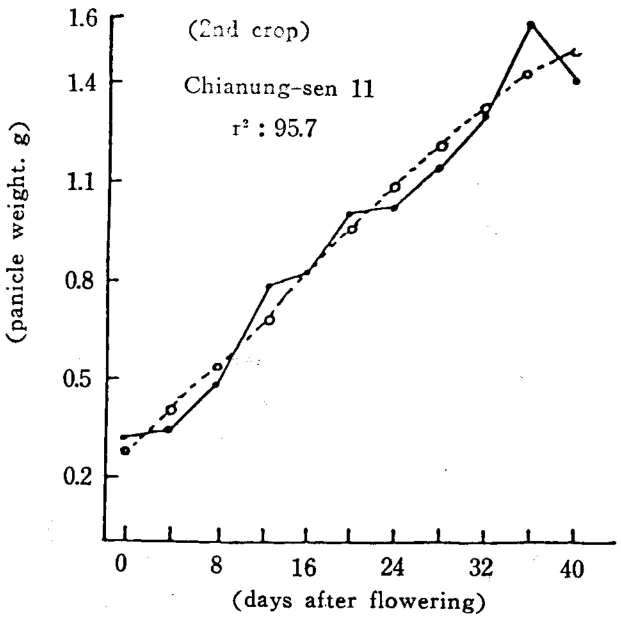



圖2. 嘉農秈11號實際充實曲線與三次迴歸曲線之比較。

Fig. 2. Predicted growth curve and actual data points of chianung-sen 11.

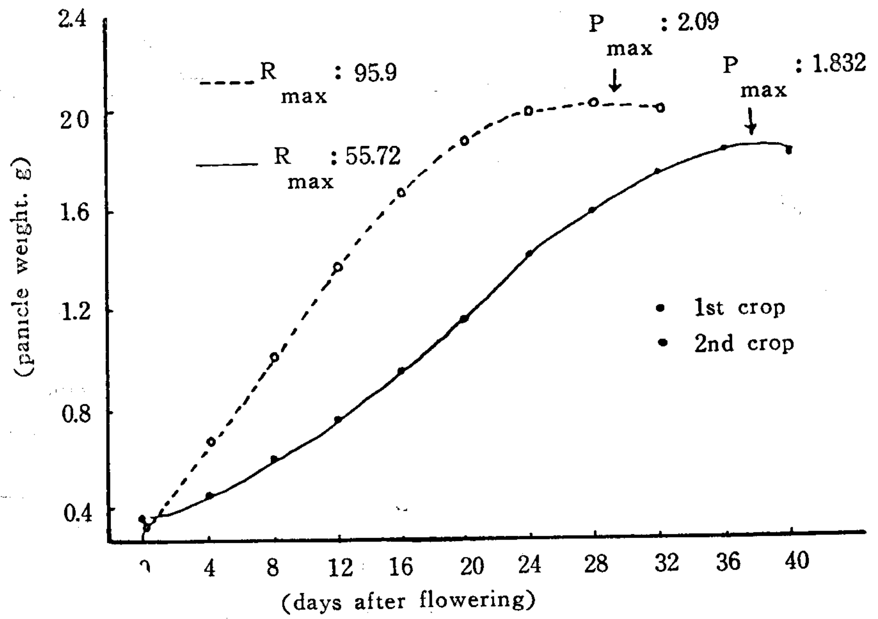



圖3. 臺農67號一、二期作穀粒充實曲線之比較。

Fig. 3. The grain filling curves of the 1st a nd 2nd crops, Tai-nong 67.

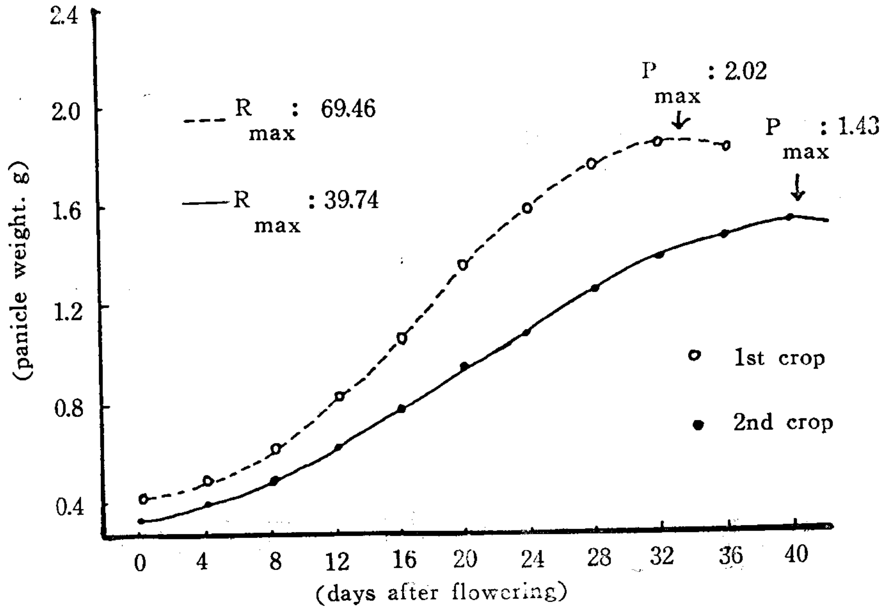



圖4. 臺南6號一、二期作穀粒充實曲線之比較。

Fig. 4. The grain filling curves of the 1st and 2nd crops, Tainan 5.

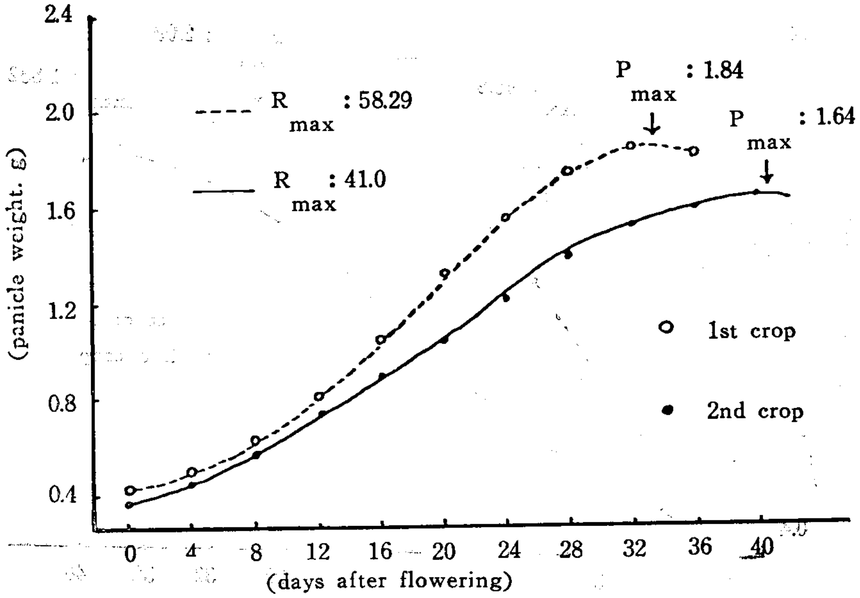



圖5. 臺北 311一、二期作穀粒充實曲線之比較。

**Fig. 5.** The grain filling curves of the 1st and 2nd crops, Taipei 311.

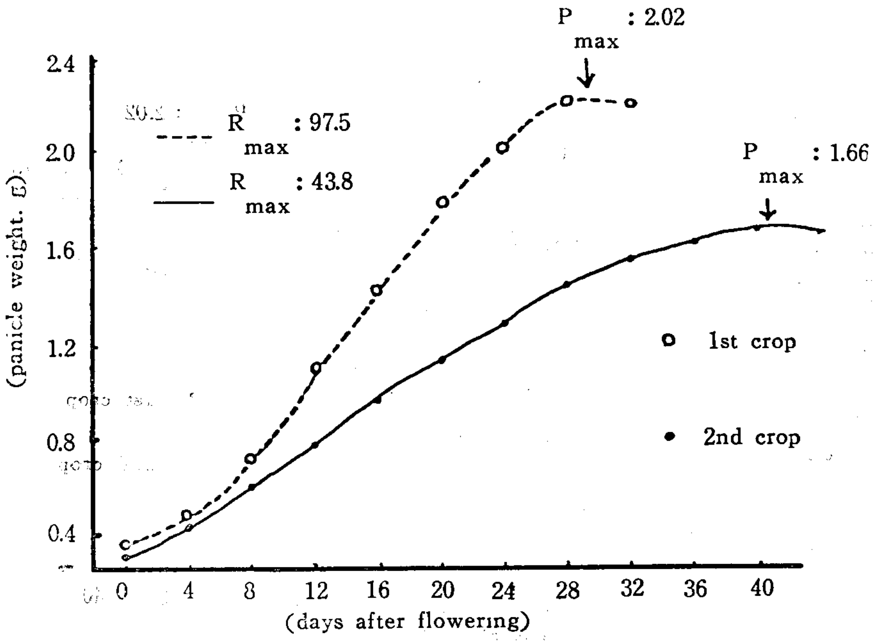



圖6. 新竹56號一、二期作穀粒充實曲線之比較。

**Fig. 6.** The grain filling curves of the 1st and 2nd crops, Hsichu 56.

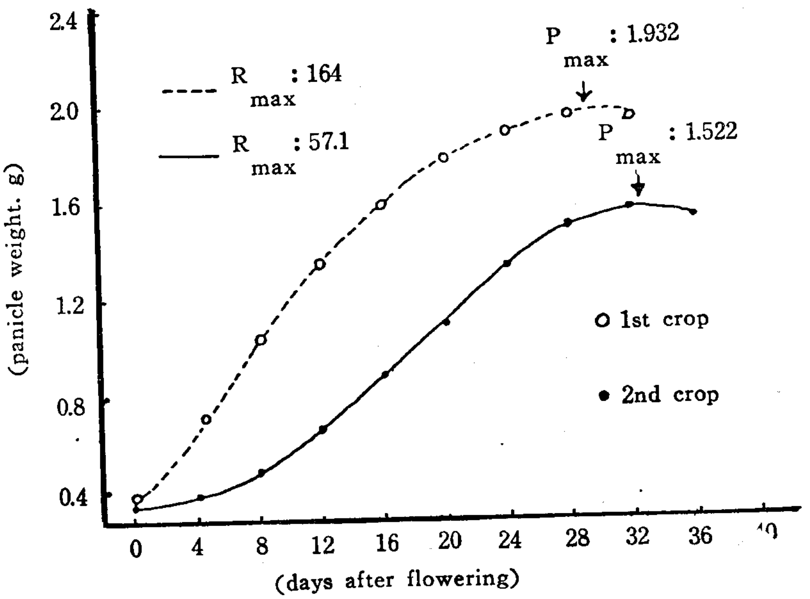



圖7. 柳頭仔一、二期作穀粒充實曲線之比較。

Fig. 7. The grain filling curves of the 1st a nd 2nd crops, Leou-Tour-Tzyy.

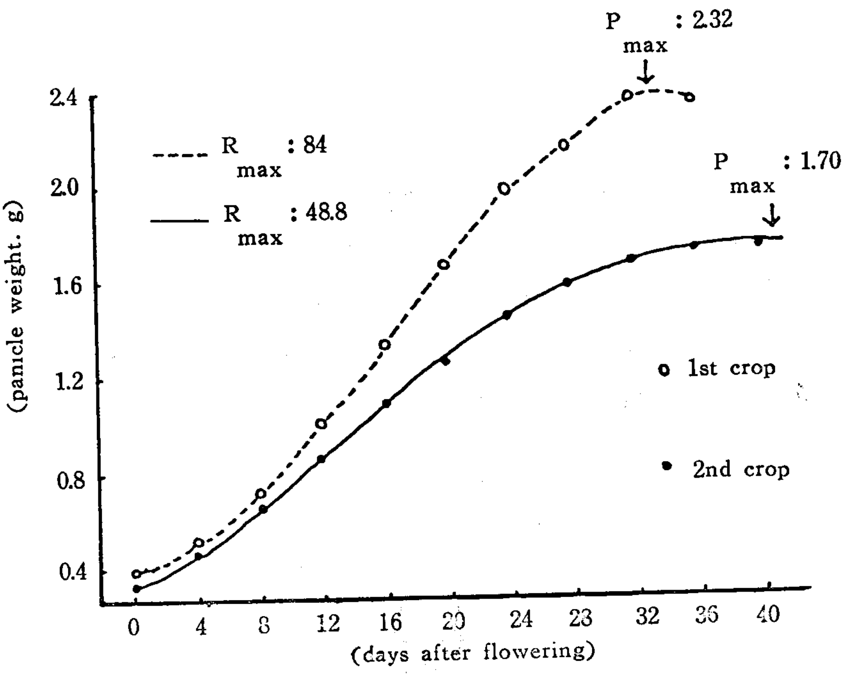



圖8. NTU1026 一、二期作穀粒充實曲線之比較。

Fig. 8. The grain filling curves of the 1st and 2nd crops, NTU 1026.

間之相關性列於表5。其中平均充實速率與有效充實期呈極顯著負相關，平均充實速率則和穗重呈顯著正相關，因此一期作充實速率較有效充實期重要。二期作充實特性間之相關性列於表6，其關係和一期作之表現頗不一致，其中有效充實期和最大穗重呈顯著正相關，亦即有效充實期之長短，影響穗重頗大，而平均充實速率和有效充實期之間無明顯之相關。

6.充實特性與產量因子間之相關性：一期作見表7，有效充實期和單位面積有效穗數呈顯著正相關，平均充實速率則和充實粒數呈顯著正相關。二期作見表8，平均充實速率和分蘖數呈顯著負相關，充實期則和分蘖數呈顯著正相關，又穗重和未充實粒數呈顯著負相關。

7.產量與充實特性及各產量性狀間之相關性：見表9，一期作單位面積產量與有效充實期呈負相

**表3.** 一期作8品種各個穀粒充實性狀

**Table 3.** Grain filling characters of 8 rice genotypes (1st crop)

| | 最大充實速率 $R_{max.}$ | 平均充實速率 $R_x$ | 最大穗重 $P_{max.}$ | 有效充實期 $T_{max.}$ | 實際穗重 $P_{true}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| NTU 1026 | 84.0 | 64.5 | 2.32 | 33.73 | 2.32 |
| 柳頭仔 | 164.0 | 60.3 | 1.93 | 29.96 | 1.93 |
| 臺農 67 號 | 95.9 | 69.2 | 2.09 | 29.26 | 2.09 |
| 臺南 6 號 | 69.4 | 63.7 | 2.02 | 30.32 | 2.01 |
| 新竹 56 號 | 97.5 | 74.4 | 2.24 | 29.21 | 2.22 |
| 嘉和 11 號 | 100.0 | 70.2 | 2.04 | 28.45 | 2.04 |
| 臺北 306 號 | 55.7 | 42.0 | 2.02 | 44.22 | 1.87 |
| 臺北 311 號 | 58.2 | 49.9 | 1.84 | 32.64 | 1.81 |

$R_{max.}$: mg/day. $P_{max.}$: g.

**表4.** 二期作8品種各個穀粒充實性狀

**Table 4.** Grain filling characters of 8 rice genotypes (2nd crop)

| | 最大充實速率 $R_{max.}$ | 平均充實速率 $R_x$ | 最大穗重 $P_{max.}$ | 有效充實期 $T_{max.}$ | 實際穗重 $P_{true}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| NTU 1026 | 48.8 | 40.3 | 1.70 | 38.15 | 1.76 |
| 柳頭仔 | 57.1 | 39.9 | 1.52 | 33.02 | 1.30 |
| 臺農 67 號 | 55.7 | 42.5 | 1.83 | 38.19 | 1.86 |
| 臺南 6 號 | 39.7 | 30.1 | 1.43 | 39.74 | 1.41 |
| 新竹 56 號 | 43.8 | 37.0 | 1.66 | 40.42 | 1.58 |
| 嘉和 11 號 | 35.2 | 28.4 | 1.55 | 48.63 | 1.41 |
| 臺北 306 號 | 45.6 | 36.0 | 1.70 | 43.15 | 1.75 |
| 臺北 311 號 | 41.0 | 33.6 | 1.64 | 41.56 | 1.62 |

$R_{max.}$: mg/day. $P_{max.}$: g.

關，與平均充實速率呈正相關；又產量與充實粒數呈正相關。二期作見表10。有效充實期與產量成正相關，但平均充實速率和產量之相關性並不顯著，又產量與百粒重及結實率呈顯著正相關。

表5. 一期作穀粒充實性狀間之相關性

**Table 5.** Correlation cofficients among grain filling characters (1st crop)

| | 最大充實速率 $R_{max.}$ | 平均充實速率 $R_x$ | 最大穗重 $P_{max.}$ | 有效充實期 $T_{max.}$ | 實際穗重 $P_{max.}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 最大充實速率 $R_{max.}$ | 1.00 | — | — | — | — |
| 平均充實速率 $R_x$ | 0.42 | 1.00 | — | — | — |
| 最大穗重 $P_{max.}$ | − 0.02 | 0.55 | 1.00 | — | — |
| 有效充實期 $T_{max.}$ | − 0.51 | − 0.83** | − 0.06 | 1.00 | — |
| 實際穗重 $P_{true.}$ | 0.13 | 0.72* | 0.95** | − 0.33 | 1.00 |

* : 5% significance. ** : 1% significance.

表6. 二期作穀粒充實性狀間之相關性

**Table 6.** Correlation cofficients among grain filling characters (2nd crop)

| | 最大充實速率 $R_{max.}$ | 平均充實速率 $R_x$ | 最大穗重 $P_{max.}$ | 有效充實期 $T_{max.}$ | 實際穗重 $P_{max.}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 最大充實速率 $R_{max.}$ | 1.00 | — | — | — | — |
| 平均充實速率 $R_x$ | 0.91** | 1.00 | — | — | — |
| 最大穗重 $P_{max.}$ | 0.52 | 0.41 | 1.00 | — | — |
| 有效充實期 $T_{max.}$ | 0.00 | − 0.18 | 0.81* | 1.00 | — |
| 實際穗重 $P_{tru. e}$ | 0.04 | 0.40 | − 0.05 | − 0.34 | 1.00 |

* : 5% significance. ** : 1% significance.

表7. 一期作穀粒充實性狀和產量性狀之相關性

**Table 7.** Correlation coefficients among grain filling characters and yield factors of 8 rice genotypes. (1st crop)

| | 最大充實速率 $R_{max}$. | 平均充實速率 $R_x$ | 最大穗重 $P_{max}$. | 有效充實期 $T_{max}$. | 實際穗重 $P_{true}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 株高 Height | −0.21 | 0.18 | −0.18 | −0.32 | −0.13 |
| 分蘖數 Tiller No. | −0.51 | −0.20 | 0.50 | 0.63 | 0.25 |
| 有效穗數 Panicle No. | −0.49 | −0.28 | 0.41 | 0.68* | 0.15 |
| 不充實粒數 N. | −0.04 | 0.33 | −0.06 | −0.27 | −0.05 |
| 充實粒數 F. | 0.26 | 0.78* | 0.52 | −0.54 | 0.59 |
| 百粒重 W. | 0.57 | −0.36 | 0.26 | 0.08 | 0.29 |
| 結實率 Fr. | 0.18 | 0.13 | 0.38 | −0.05 | 0.42 |
| 開花日數 Time to flowering | 0.51 | 0.21 | 0.43 | 0.06 | 0.28 |

* : 5% significance. ** : 1% significance.

表8. 二期作穀粒充實性狀和產量性狀之相關性

**Table 8.** Correlation coefficients among grain filling characters and yield factors of 8 rice genotypes. (2nd crop)

| | 最大充實速率 $R_{max}$. | 平均充實速率 $R_x$ | 最大穗重 $P_{max}$. | 有效充實期 $T_{max}$. | 實際穗重 $P_{true}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 株高 Height | 0.08 | −0.28 | 0.27 | −0.04 | 0.03 |
| 分蘖數 Tiller No. | −0.58 | −0.64* | −0.33 | 0.68* | −0.42 |
| 有效穗數 Panicle No. | −0.35 | −0.52 | −0.01 | −0.35 | −0.35 |
| 不充實粒數 N. | 0.08 | −0.28 | −0.64* | −0.15 | −0.79* |
| 充實粒數 F. | −0.38 | −0.48 | −0.20 | 0.37 | −0.06 |
| 百粒重 W. | 0.00 | 0.27 | 0.55 | 0.09 | 0.80* |
| 結實率 Fr. | −0.32 | −0.12 | 0.33 | 0.38 | 0.53 |
| 開花日數 Time to folowering | 0.51 | 0.41 | 0.04 | −0.56 | −0.19 |

* ; 5% significance. ** : 1% significance.

表9. 一期作單位面積產量和充實性及產量性狀之相關性

**Table 9.** The correlation coefficients between grain yield, grain filling characters and yield factors. (1st crop)

| | 產量 grain yield | | 產量 grain yield |
|---|---|---|---|
| 有效充實期 $T_{max}$. | − 0.75* | 有效穗數 panicle No. | − 0.56 |
| 平均充實速率 $R_x$ | 0.79* | 不充實粒數 N. | − 0.10 |
| 最大充實速率 $R_{max}$. | 0.44 | 充實粒數 F. | 0.72* |
| 最大穗重 $P_{max}$. | 0.36 | 百粒重 W. | 0.33 |
| 實際穗重 $P_{ture}$. | 0.54 | 結實率 Fr. | 0.57 |
| 總生育日數 Total growth duration | − 0.12 | 抽穗前生育日數 vegetative growth duration | 0.47 |

* : 5% significance. ** : 1% significance.

表10. 二期作單位面積產量和充實性及產量性狀之相關性

**Table 10.** The correlation coefficients between grain yield, grain filling characters and yield factor. s (2nd crop)

| | 產量 grain yield | | 產量 grain yield |
|---|---|---|---|
| 有效充實期 $T_{max}$. | 0.86** | 有效穗數 panicle No. | − 0.23 |
| 平均充實速率 $R_x$ | − 0.16 | 不充實粒數 N. | − 0.70 |
| 最大充實速率 $R_{max}$. | − 0.08 | 充實粒數 F. | 0.63 |
| 最大穗重 $P_{max}$. | 0.28 | 百粒重 W. | 0.83** |
| 實際穗重 $P_{ture}$. | 0.60 | 結實率 Fr. | 0.81* |
| 總生育日數 Total growth duration | − 0.23 | 抽穗前生育日數 vegetative growth duration | − 0.64 |

* : 5% significance. ** : 1% significance.

## 討　論

1.穀粒充實曲線之估計：本試驗將70年一期作及二期作之穗重變化與時間進行二次及三次多項式迴歸分析，其適合値三次迴歸式無論一、二期作皆在95%以上，故以下多以三次迴歸式爲基礎以估算各個品種之充實特性。

過去有關玉米穀粒方面的研究多利用直線充實模式估算充實特性，其有效充實期的估算受"直線期"的限制，而不一致，又穀粒乾物質累積本身爲

一生命現象，直線模式並不能滿足此種現象的描述；Jones *et al*. (1979) 以三次多項式估算水稻穀粒充實特性，此三次式本身爲 —S— 型曲線（sigmoid），其一次微分式亦可表示出充實期間充實速率的變化，尤其在試驗工作量多，而取樣個數有限（如育種）的情形下，此三次模式較 logistic 及 negative exponential 等模式在利用上爲佳。此模式和直線模式的比較可見圖 1。

三次多項式之特性爲有一極大及極小值，惟在極大值以後曲線呈下降趨勢，此與穀粒乾物質累積的情形稍有不符，又在三次曲線中無法顯示出穀粒充實之"遲滯期"（lag peroid），此二者爲三次多項模式之缺點。但吾人於估算時僅利用三次曲線上極小與極大值間之片段曲線，故上述缺點並不妨害吾人之估算。

2.穀粒充實特性：穀粒之充實特性依作物品種及栽培環境不同而有極大的差異，由表 3、表 4 可知一期作無論平均充實速率、最大充實速率、穗重皆較二期作高出甚多，且一期作之充實期較二期作短 7 天左右，此與朱等（1980）的報告相同。

Sofield *et al*. (1977) 以小麥研究結果指出，光照與溫度爲響影穀粒充實特性最重要的二種環境因素，而其中充實期之長短，則溫度遠較光照影響爲大。一般言，適溫狀況下充實速率快，有效充實期則較短；低溫狀況下，充實速率慢而有效充實期延長；而比適溫更高之溫度，往往會縮短充實期，而減低穀粒重量，Wardlaw *et al*. (1980) 顯示小麥在穀粒發育期間，溫度由 21/16°C 升到 30/25°C，縮短穀粒充實期間，而導致穀粒重量之降低，高粱有類似的結果（Chowbury and wardlaw, 1978）。

水稻穀粒充實期間之適宜平均溫度，稉稻大約在 20°C～22°C 間（Aimi *et al*., 1959；Munaketa *et al*., 1967；Murata, 1964；Yoshida and Hara, 1977），而日夜溫之差異以及溫度在發育期間之變化，亦因水稻品種和稻株營養狀態而異：秈稻在穀粒發育期中所需溫度比稉稻爲高，陳等（1974）在人工氣候室控制溫度之實驗顯示，秈稻臺中在來 1 號之成熟適溫較稉稻臺中65爲高，以米粒重而言，前者以 30°/20°C 較優，而臺中 65 號則以 25°/20°C 處理較佳。Nagato Chaudhry(1969a, 1969b)亦有類似之結果，抽穗期後不同之溫度處理，秈稻較稉稻需要較高之溫度，秈稻以 30°/25°C 處理對穀粒之發育最佳。本省一期作穀粒充實期間，北部平均溫度約爲 26～28°C，較不利於稉稻穀粒之發育，使充實期縮短，可能導致穀粒本身無法發揮其應有充實潛力而限制其乾物之蓄積，因此往往無法達到最高產量；並且在一期作期間，日照强度較佳，光合成產物，並非限制穀粒發育之因子（朱等 1980）。而二期作北部地區水稻在開花後，溫度及日照强度皆逐漸下降，平均溫度約在 20～23°C 間（（郭等，1979），但夜溫往往降到20°C以下，對秈稻穀粒之發育漸趨不利，而由於日照量降低，光合成產物已不足穀粒發育之所需（朱等，1980；林與蘇，1976），至於光照與溫度二者相互間對穀粒充實特性之影響，值得進一步探討。

3.充實特性間之相關性：Evans and Wardlaw (1976) 綜合報告指出，穀粒之有效充實期與充實速率之間有相互補償性之存在，亦即充實速率大者其充實期較短，而充實速率小者具有較長的有效充實期，最後皆可達理想穗重（Evans, 1972；Sofield *et al*., 1977；Wiegand and Cuellar, 1981；Yoshida and Hara, 1977)。由表 5、表 6 可知一期作充實速率和充實期呈極顯著負相關，此表示此種互補性可能存在。而二期作則此種相關性並不顯著，亦即充實速率小者不一定具有較長之充實期，此可能爲某些品種如嘉秈11號對溫度較爲敏感，充實期間受低溫干擾而無法達到應有之充實程度。

一期作（表 5）平均充實速率和穗重呈正相關，亦即充實速率大者可有較重之穗重，此與一期作充實期間之高溫環境有關。二期作（表 6）則有效充實期與穗重呈正相關，亦即在二期作充實處於低溫環境下，其充實速率低下，只有藉延長充實期以達穗重增加之目的，但二期作愈後期溫度愈低，日照亦弱，雖延長充實期亦無法達到理想穗重，此可能爲二低產之主因之一（林與蘇，1976；Spierty, 1974；Wiegand and Cuellar, 1981；Yoshida and Hara, 1977）。

4.充實物性與產量性狀間之相關性：過去對於穀粒充實特性與產量性狀間的關係研究不多，一般推測種子較多的穗其所需充實時間較長，充實速率也較大，但此關係並不一致；就本實驗而言，由表

7 可見，一期作穀粒平均充實速率與結實率成正相關，亦即平均充實速率大者有較高的結實率；又有效充實期與有效穗數呈顯著正相關，亦即充實期長者其有效穗數也愈多。此平均充實速率對結實率的影響及充實期對有效穗數的影響皆可能導致對產量的貢獻。表 8 顯示，二期作平均充實速率與分蘖數呈負相關，而有效充實期與分蘖數呈顯著正相關，此可能二期作分蘖旺盛，穀粒充實期間光合成產物不足，導致各穗之充實速率下降，進而充實緩慢，所需的充實期較長。朱等（1980）於二期作剪小穗處理，可提高穀粒重，亦顯示二期作充實期間，供源光合成產物不足。

5. 單位面積產量與充實性狀及產量性狀之相關性：長久以來的研究指出，穀粒之有效充實期與充實速率對產量皆有相當的貢獻，就前人的研究看來，在溫度較低的環境下有效充實期對產量的影響較大，而在較高溫的環境下則以充實速率的影響較大。由本實驗表 9 可見，一期作單位面積產量和有效充實期呈顯著負相關，和平均充實速率呈正相關，又由表 8 可見二期作單位面積產量與有效充實期呈極顯著正相關。

本省一期作穀粒充實期間溫度逐漸升高，Jones *et al.* (1979) 指出在平均溫度 30°C 以下，穗重與充實速率呈相關，即充實速率大者有較大的穗重，此點與本實驗結果相符（表 9）。本省二期作充實期間溫度下降甚大，甚至有低於 15°C 導致不稔現象發生。 Sofield *et al.* (1977) 亦指出低溫下充實期延長，本實驗顯示臺北地區二期作不但充實期較一期作長出甚多，充實速率也急劇下降（表 3、4）此種情形下，縱然延長充實期亦無法補償由於充實速率低下而造成的影響。

就品種間的差異性而言， Daynard *et al.* (1971) 於玉蜀黍 diallele cross 的研究指出，不同產量品種間確有充實速率與充實期之差異性存在，其中以充實期之長短相關性較大；而 Evans and Wardlaw, (1976) 指出小麥由野生種至六倍體栽培品種，其充實速率與充實期皆有提高的現象；Yoshida & Hara (1977) 於水稻的研究指出充實速率高的品種具有較高的產量，依本實驗而言，一期作充實速率與產量呈正相關（表 9），二期作充實速率低下，故無論一、二期作，充實速率皆較充實期為重要，亦即在育種上應先探求充實速率大者，再求有效充實期之延長。此亦符合本省水稻栽培制度，在無法延長一、二期栽培期情況下，惟有加強品種穀粒充實速率之特性，方能達到提高單位產量之目的。

## 誌　　謝

本研究計畫執行期間承臺灣省農業試驗所農藝系慨贈水稻種子，謝順景博士提供寶貴意見，以及本系郭華仁副教授協助，特此致謝。

## 引用文獻

1. 朱鈞，郭華仁、邱淑芬。1980。一、二期水稻發育中穀粒乾物質之蓄積與充實特性。科學發展月刊，8：414—427。
2. 李水龍、湯文通。1963。臺灣水稻第二期作單位面積產量不如第一期作之原因及其改進方法。科學農業11：9—33。
3. 林安秋、蘇新。1976。第二期作低產原因之研究，Ⅱ. 一、二期水稻羣落光合作用之比較。科學發展 4：2837—2852。
4. 林安秋、陳建山。1977。第二期稻作低產原因之研究。Ⅲ. 不同溫度持續對水稻之分蘖及光合作用能力之影響。中華農學會報（新）98：55—60。
5. 林安秋、談嘉俊。1979。第二期稻作低產原因之研究，Ⅴ本省北部地區第一、二期水稻之 $^{14}C$—同化物質轉運與分配之比較研究。中華農學會報（新）107：25—35
6. 連深、吳育郎、陳火塗。1969。屏東地區一、二期作水稻之生態與收量之關係。農業研究18：1—16。
7. 郭文鑠、曾文柄、楊之遠。1979。臺灣地區水稻之農業氣候區域，氣象學報25（3）：1—10。
8. 陳烱崧、張連宗、蘇新。1974。不同日夜溫度對水稻成熟之影響。臺大農院研報15（2）：28—37。
9. 鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳來貴、張萬來、林富雄、吳育郎。1975。第二期作低產原因之探討。科學發展 3：1823—1857。
10. 謝全份、殷森安。1967。臺灣二期稻作增產問題之研究。（第一報）水稻品種不同插植期對產量之反應。農業研究16：8—15。
11. 謝昱暐。1976。第一、二期水稻之生長及同化能力

與產量關係之比較研究。中研院總統 蔣公逝世周年紀念論文集，463—481頁。

12. 謝順景、劉大江（主編）。1979。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法。國科會研討會專集（二），國科會、臺北。

13. Aimi, R., H. Sawamura and S. Konno. 1959. Physiological studies on the mechanism of ripening in crop plant : The effect of the temperature upon the behavior of carbohydrates and some related enzymes during the ripening of rice plant. *Proc. Crop Sci. Soc, Jap.*, 27 : 405-407.

14. Carrasco, R. M. and G. N. Thorne. 1979. Physiological factors limiting grain size in wheat. J. Exp. Bot. 30 : 669-679.

5. Chowdhury, S. I., and I. F. Wardlaw. 1978. The effect of temperature on kernal development in cereals. Aust. J. Agric. Res. 29 : 205.

16. Daynard, T. B., W. J. Tanner and W. G. Duncan. 1971. Duration of the grain filling peroid and its relation to grain yield in corn. Crop Sci. 11 : 45-48.

17. Evans, L. T. 1972. Storage capacity as a limitation on grain field. in "Rice Breeding" p. 499, IRRI, Phillippine.

18. Evans, L. T. and H. M. Rawson. 1970. Photosynthesis and respiration by the flag leaf and component of the ear during grain development in wheat. Aust. J. Biol. Sci. 23 : 245-254.

19. Evans, L. T. and I. F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. Adv. Agron. 28 : 301-350.

20. Gifford, R. M. and L. T. Evans. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 32 : 485-509.

21. Gilmore, E. C. and J. S. Rogers. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agron. J. 50 : 611-615.

22. Jenner, C. F. 1974a. Factors in the grain regulating the accumulation of starch. in "Mechanism of regulation of plant growth" p. 901.

23. Jenner, C. F. 1974b. An investigation of the association between the hydrolysis of sucrose and its absorption by grains of wheat. Aust. J. Plant Physiol. 1 : 319-329.

24. Jenner, C. F. and A. J. Rathjen. 1972a. Factors limiting the supply of sucrose to the developing wheat grain. Ann. Bot. 36 : 729-742.

25. Jenner, C. F. and A. J. Rathjen. 1972b. Limitation to the accumulation of starch in the developing wheat grain. *ibid.* 743-754.

26. Jenner, C. F. and A. J. Rathjen. 1978. Physiology basis of genetic difference in growth of grains of six varieties of wheat. Aust. J. Plant Physiol. 5 : 249-262.

27. Jones, D. B., M. L. Peterson. and S. Geng 1979. Association between grain filling rate and duration and yield components in rice. Crop Sci. 19 : 641-644.

28. Munakata, K., T. Kawasaki and K. Kariya. 1967. Quantitative studies on the effects of the climatic factors on the productivity of rice. *Bull Chugoku Agr. Expt. Sta.* A. 14 : 59-96.

29. Murata, Y. 1964. On the influence of solar rediation and air temperature upon the local differences in productivity of paddy rice in Japan. *Proc. Crop Sci. Soc. Jap.* 33 : 59-63.

30. Nagato, K. and F. M. Chaudhry. 1969a. A comparative study of ripening process and kernel development in japanica and indica rice. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. 38 : 425-433.

31. Nagato, K and F. M. Chaudhry. 1969b. Ripening of japonica and indicz type rice as influenced by temperature during ripening period. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. 38 : 657-667.

32. Sofield, I., L. T. Evans., M. G. Cook. and I. F. Wardlow. 1977. Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. Aust. J. Plant Physiol. 4 : 785-797.

33. Spierty, J. H. J. 1974. Grain growth and distribution of dry matter in the wheat plant as influenced by temperture, light energy and ear size. Neth. J. Agric. Sci. 22 : 207-220.

34. Wardlaw, I. F. I. Sofield and P. M. Cartwright 1980. Factors limiting the rate of dry

matter accumulation in the grain of wheat grown at high temperature. Aust. J. Plant Physiol. 7 : 387-400.

35. Wiegand, C. L. and J. A. Cuellar. 1981. Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. Crop Sci. 21 : 95-99.

36. Yoshida, S. and T. Hara. 1977. Effects of air temperature and light on grain filling of an indica and japonica rice under controlled environmental conditions. Soil. Sci. Plant Nutr. 23(1) : 93-107.

# Grain-filling Characteristics and Its Relation to Yield Components in the First and Second Rice Crops*

Chun Chu and Huu-Sheng Lu

*Department of Agronomy*
*National Taiwan University*
*Taipei, Taiwan 107*
*Republic of China*

## Summary

In the first crop of 1980 and second crop of 1981, eight rice cultivars, including both *japonica* and *indica* types, were grown under field conditions to determine the differences in the rate and duration of grain-filling, as well as other filling characters and their relationships to grain yield and yield components. A further objective was to find out whether the filling rate or duration was more closely correleted to grain yield.

The cubic polynomial regression model was found to be useful for the measurement of grain-filling characters($R^2 \geq 0.95$ for all cultivars). Grain-filling rate and duration as well as other grain-filling parameters varied among cultivars during the two different growing seasons. It was shown that the grain-filling rate of the first crop was greater than that of the second crop. Correlation analysis indicated that a significant positive correlation existed between the grain-filling rate and the panicle weight in the first crop. A significant positive relationship was found between the panicle weight and grain-filling duration in the second crop. Although this was associated with a longer duration in the second crop, the failure to obtain any compensating increase in the rate of dry matter accumulation resulted in a much reduced panicle weight.

These results indicated that grain-filling rate was more imortant than duration for grain development in both growing seasons. It is suggested that there is potential for higher rice yield via genetic improvement of increasing the grain-filling rate.

---

*Supported by a grant 1980-5.1-080 (2—8) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 一、二期作水稻充實期之老化與轉流的差異性比較研究*

陳宗禮　宋濟民

國立中興大學糧食作物研究所

## 摘　要

本試驗選擇二水稻品種，分別於一、二期作培植於田間，在穀粒充實期間，分析分蘗各部位之器官乾重、蛋白質、以及非構造性碳水化合物之變化，以比較期作間物質之轉移與配置之情形，並分析葉片內水溶性蛋白質、蛋白質分解酵素、游離胺基酸及$\alpha$-澱粉分解酵素，以比較期作間植株老化之程度。

試驗結果顯示，在穀粒充實期，二期作水稻合成乾物質與非構造性碳水化合物之能力較一期作為高。在開花時，營養器官貯存之非構造性碳水化合物，一期作高於二期作，但收穫時，二期作高於一期作。非構造性碳水化合物之轉移百分比，一期作平均約為20%，二期作平均為8%。由於二期作具有較高之同化能力，故仰賴開花前貯存性物質之比例較低，且收穫時，殘留於營養器官內之非構造性碳水化合物也較多。此顯示，積儲容積是限制水稻產量之主要因素。二期作穀粒充實期間，氣象條件適宜，導致本試驗二期作產量優於一期作。

穀粒充實時，期作間蛋白質累積於穗部之量相似，但二期作殘留於營養器官之蛋白質較多，有利於植株代謝之平衡。劍葉中水溶性蛋白質含量較高，蛋白質分解酵素活性維持恒定，$\alpha$-澱粉分解酵素活性較高，老化之現象也較其他葉片為緩。這些資料，充分顯示穀粒充實期間，劍葉是主要之同化代謝器官。

不過，本試驗之結果顯示，期作對於水稻植株葉片老化程度之影響不顯著。控制葉片老化程度之因子，可能是植株內始源與積儲之間營養需求與供輸，尤其是蛋白質之供輸間之關係。

## 前　言

穀粒內最主要的成份為澱粉和蛋白質，其中形成澱粉的碳水化合物有25%左右係由貯藏在營養器官中的碳水化合物所供應，另外75%左右來自於穀粒充實期的光合作用（Cock and Yoshida, 1972；IRRI, 1971），故穀粒充實期時植株碳同化代謝對以收穫稻粒產量為目的之作物非常重要。

水稻由營養生長轉為生殖生長，此時穀粒開始迅速發育。不過在穀粒發育之同時，植株葉片也同時開始老化（senescence）。植株葉片之老化不但直接降低其同化代謝能力，也提高其異化代謝機能。因此對於整株之充實可能有不利的影響。Howard & Stoddart (1980) 指出，植物葉片之老化受環境因素之影響極大，本省一、二期作水稻栽培環境迥異，產量亦因品種，生育環境與氣候條件而各異。環境因素所導致葉片老化程度上之差異，可能也是造成期作間產量差異之原因之一。本項研究之目的即在探討水稻不同期作下，稻粒充實期間植株老化的情形及植株內各器官碳水化合物和含氮

*行政院農業發展委員會補助計畫71農建—4.1—產—47（2—11）。

化合物的消長情形，了解植株本身的營養狀況及代謝機能，俾有助於解釋期作間產量之差異。

## 材料與方法

試驗選用稉稻品種臺農 67 號及秈稻品種嘉秈11號爲材料，以做爲二型水稻間之比較。試驗地點於臺中中興大學農場進行，栽培管理措施如施肥、灌水、除草及病蟲害防治，均依一般方式進行。

自開花起每隔七日取樣一次，每小區取30株爲一單位，採取地上部並分爲穗、葉片、葉鞘、莖桿等四部份。所有乾重係於 80°C 烘乾72小時而得。樣品經磨粉後用於測定其內碳水化合物，澱粉及總含醣量以Anthrone法分析(Yoshida *et al.*, 1976)，總蛋白質含量以 Kjeidohl法定氮後再乘以5.95而得（Juliano, 1972）。

生殖生長期時植株葉片老化的測定係以開花期至收穫期的劍葉、第二葉、第三葉爲材料，每六天取樣一次，測定其中水溶性蛋白質、游離胺基酸含量的變化及蛋白質分解酶（Protease）、澱粉分解酶（$\alpha$-amylase）活性的變化。蛋白質分解酶的測定係以 1 克鮮重葉片置於 10ml 之0.05M Tris-HCl 緩衝液（pH 7.5），在 4°C 磨碎，18,000g 離心所得的上層澄清液爲粗酵素萃取液，再以 0·6 ml之0.5%酪蛋白（casein）爲受質，加入0.1ml 之粗酵素萃取液，在45°C, pH7.5經 30min分解後，加入0.4ml之 15% TCA（trichloroacetic acid），再於 4°C 靜置 15min 後，用 1,500g 離心，取澄清液以 Ninhydrin 法測定其中所含胺基酸量而得（Feller *et al.*, 1977）。上述粗酵素萃取液亦用於測定其中的水溶性蛋白質（Lowry *et al.*, 1951）及游離胺基酸（Yemm and Cocking, 1955），水溶性蛋白質的標準圖係以不同濃度之 Albumin 所繪製而成，游離胺基酸的測定係以粗酵素萃取液加入15%之 Trichloroacetic Acid 沈澱後，取澄清液以 Ninhydrine 呈色而得。胺基酸標準圖係用不同濃度的 Glycine 溶液測吸光度，繪製而成。澱粉分解酶係以 0.1M, pH6.00 的醋酸鈣緩衝液在室溫萃取。經離心後，以 0.5ml 澄清液加入 1.5ml之0.01M pH4.8的醋酸鈣緩衝液及1ml澱粉（每ml 含 1mg starch），在 30°C作用 1min 後，加入 1ml 之 5mM $KI_3$ 終止反應並呈色。於 620nm 波長測吸光度，並以 corn starch 繪製標準圖（Ching 1977；Mitchell, 1972）。

## 結　　果

本試驗二期作於70年 8 月 1 日移植，10月 5 日開花，至11月 9 日收穫。一期作於 3 月 3 日移植，5月31日開花，至 7 月 3 日收穫。根據氣象資料（圖 1），在這兩期作間之溫度變化差異極大。二期作自移植日起，其日平均溫由 8 月之26.62°C 漸次下降至10月份之 22.26°C，11月份更下降至 17.96 °C。而一期作月平均溫由 3 月之19.79°C逐月上升至 6 月份之 26.91°C。日射量之變化與溫度變化大致類似（圖 1）。二期作 8 、 9 10、11月份之月平均日射量分別爲378、320、357.5及 238Cal/cm²。而一期作 3 、 4 、 5 、 6 月份之月平均日射量分別爲293、297、378及366Cal/cm²。

不同期作對於供試兩品種單株分櫱乾重及穗重之影響，極爲顯著（圖 2）。兩品種單株分櫱乾重及穗重，，二期作皆較一期作高。臺農67號之差別尤其明顯。圖 2 亦顯示，二品種之乾物質累積在開花後第 4 週達到最高峰。乾物質之充實速率則以開花後第一週至第三週之間最快。

植株各部份蛋白質含量從開花至收穫之間有明顯之變化（表 1）。在開花時，40%以上之含氮化合物存於葉部，葉鞘次之，莖桿所含蛋白質最低。隨著穀粒發育，葉片、葉鞘及莖桿之蛋白質逐漸轉移至穗部。穗部蛋白質之累積速率以開花後二至三週最快，至第四週時穗部蛋白質含量已達最高峰。由開花至成熟收穫，自營養器官轉移至穗部之蛋白質、秈稻一、二期作分別爲 65.13mg 與 87.79mg，稉稻一、二期作分別爲 71.18mg 與 100mg。以植株地上部蛋白質總含量而言，由開花至收穫期間之含量陸續增加，不論品種與期作，其結果皆相似；開花期時，二品種植株所含之蛋白質以二期作較高，成熟期時亦然。但若以成熟時穗部所含蛋白質佔全株蛋白質之百分比來比較時，一期作反較二期作爲高。

植株內所含非構造性碳水化合物之含量變化，與乾物質之累積過程十分相似（表 2）。開花後一週內穀粒內非構造性碳水化合物累積較少，大部份仍蓄積在莖桿與葉鞘之內，尤其以莖桿之含量最高

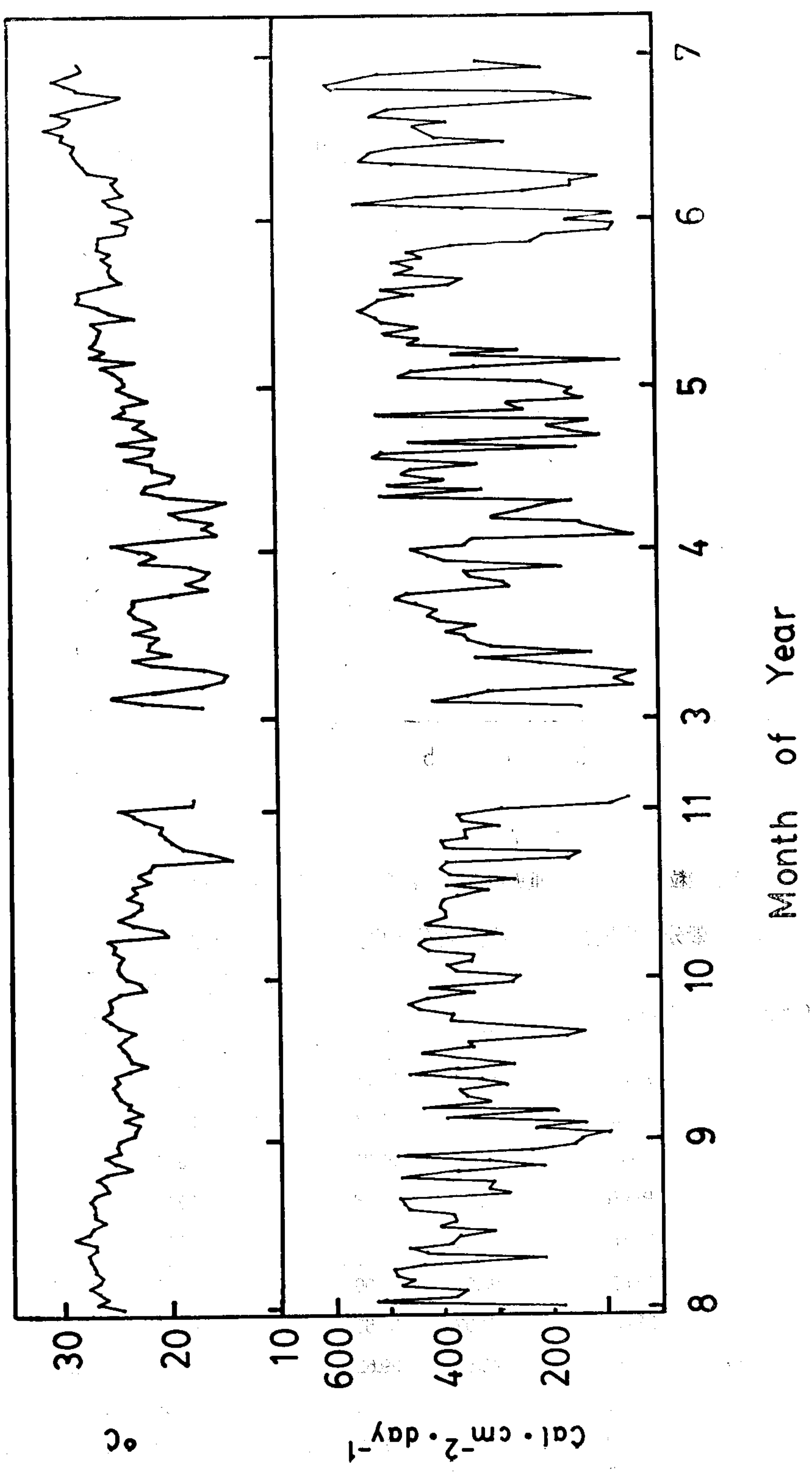



圖1　臺中稻作生產期間的氣溫及日射量變化（1981年8－11月：二期作，1982年3－7月：一期作）

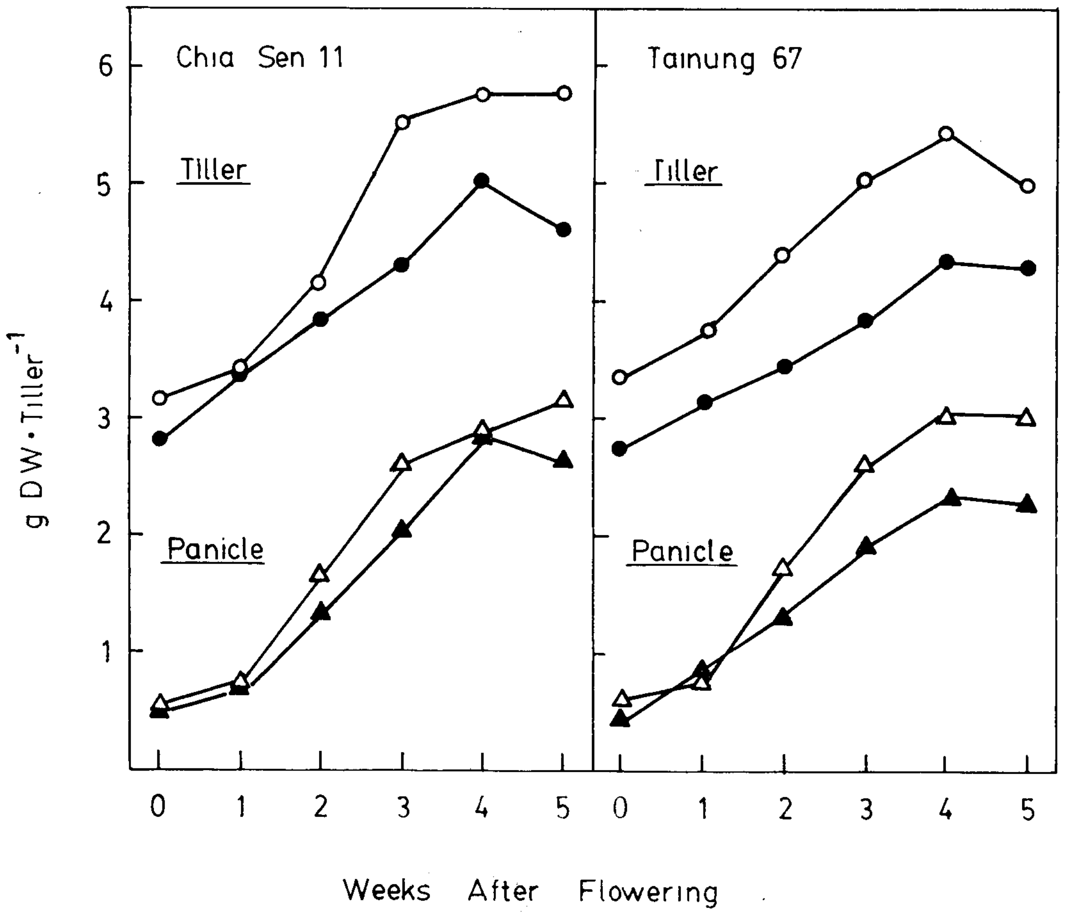



圖2 水稻穀粒充實期時分蘗重與穗重的變化（▲●：一期作，△○：二期作）

表1. 水穀分蘗由開花至成熟期各部位蛋白質的變化量（mg/tiller）

| Genotype | Crop Season | Plant Fraction | Weeks After Flowering 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chia Sen 11 | First | Leaf | 68.44 | 76.25 | 73.64 | 49.57 | 37.56 | 24.72 |
| | | Sheath | 31.87 | 37.44 | 35.54 | 29.50 | 28.87 | 24.37 |
| | | Stem | 20.44 | 23.77 | 17.35 | 9.95 | 9.03 | 6.53 |
| | | Panicle | 39.68 | 55.35 | 84.10 | 133.73 | 177.10 | 173.80 |
| | | Total | 160.43 | 192.81 | 210.63 | 222.75 | 252.56 | 229.42 |
| | Second | Leaf | 93.98 | 86.96 | 78.81 | 67.68 | 49.95 | 44.94 |
| | | Sheath | 54.97 | 51.53 | 43.88 | 49.18 | 47.08 | 40.71 |
| | | Stem | 40.57 | 29.62 | 17.21 | 18.45 | 10.26 | 15.48 |
| | | Panicle | 36.60 | 43.15 | 90.68 | 119.59 | 140.01 | 164.58 |
| | | Total | 225.52 | 211.26 | 230.58 | 254.90 | 247.30 | 265.71 |

表 1　水稻分蘗由開花至成熟期各部位蛋白質的變化量 (mg/tiller) (續)

| Genotype | Crop Season | Plant Fraction | Weeks After Flowering | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Tainung 67 | First | Leaf | 74.07 | 72.75 | 62.13 | 39.01 | 33.99 | 25.47 |
| | | Sheath | 35.03 | 35.15 | 26.63 | 22.68 | 22.50 | 20.13 |
| | | Stem | 18.10 | 19.10 | 13.65 | 10.20 | 8.28 | 10.42 |
| | | Panicle | 27.83 | 67.45 | 76.40 | 134.15 | 144.65 | 142.47 |
| | | Total | 155.03 | 194.45 | 178.81 | 206.04 | 209.42 | 198.49 |
| | Second | Leaf | 96.30 | 79.49 | 76.56 | 59.04 | 51.85 | 41.42 |
| | | Sheath | 58.56 | 55.86 | 51.56 | 37.75 | 36.00 | 20.89 |
| | | Stem | 24.92 | 21.53 | 16.54 | 11.84 | 11.74 | 8.47 |
| | | Panicle | 38.41 | 44.20 | 89.25 | 125.38 | 146.02 | 151.00 |
| | | Total | 18.19 | 201.08 | 233.91 | 234.01 | 245.61 | 230.78 |

。隨著穀粒充實，營養器官內之非構造性碳水化合物大部份轉移至發育中之穀粒內，開花後第四週，穀粒內之碳水化合物已達最高峰。此時莖桿內之非構造性碳水化合物又開始增加，至收穫時，營養器官內之碳水化合物又有累積之現象，期作與品種所得之結果頗爲相似。根據表 2 之資料，在種子充實期內，自營養器官轉移至穗部之非構造性碳水化合物，秈稻一、二期作分別爲247.76mg與144.79mg，稉稻一、二期作則分別爲332.88mg與221.79mg。但收穫時穗部非構造性碳水化合物之增加量，秈稻一、二期作分別爲1,464.15mg及，2,370.75mg稉稻一、二期作分別爲1,393.49mg及2,237.11mg

表2.　水稻分蘗由開花至成熟期各部位非構造性碳水化合物的變化量 (mg/tiller)

| Genotype | Crop Season | Plant Fraction | Weeks After Flowering | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Chia Sen 11 | First | Leaf | 97.64 | 113.63 | 53.93 | 48.10 | 34.40 | 69.54 |
| | | Sheath | 179.90 | 143.65 | 63.54 | 49.42 | 40.51 | 78.34 |
| | | Stem | 207.82 | 341.94 | 138.19 | 53.49 | 53.41 | 89.72 |
| | | Panicle | 46.62 | 143.69 | 564.64 | 930.78 | 1,652.73 | 1,510.77 |
| | | Total | 531.98 | 742.91 | 820.30 | 1,081.79 | 1,781.05 | 1,748.37 |
| | Second | Leaf | 114.35 | 74.87 | 45.68 | 57.59 | 40.70 | 74.88 |
| | | Sheath | 146.60 | 95.54 | 33.12 | 47.92 | 40.36 | 52.38 |
| | | Stem | 190.82 | 215.77 | 110.25 | 66.45 | 153.90 | 179.72 |
| | | Panicle | 30.29 | 157.29 | 989.41 | 1,592.01 | 2,155.73 | 2,401.04 |
| | | Total | 482.06 | 543.47 | 1,178.46 | 1,763.97 | 2,390.69 | 2,708.02 |

**表 2** 水稻分蘖由開花至成熟期各部位非構造性碳水化合物的變化量（mg/tiller）（續）

| Genotype | Crop Season | Plant Fraction | Weeeks After Flowering | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Tainung 67 | First | Leaf | 110.75 | 87.53 | 26.49 | 31.18 | 43.38 | 49.58 |
| | | Sheath | 145.12 | 115.44 | 24.00 | 46.77 | 46.14 | 45.14 |
| | | Stem | 279.43 | 315.60 | 115.81 | 45.15 | 97.49 | 107.70 |
| | | Panicle | 41.71 | 174.04 | 602.36 | 928.84 | 1,417.11 | 1,435.20 |
| | | Total | 577.01 | 692.61 | 768.66 | 1,051.94 | 1,604.12 | 1,637.62 |
| | Second | Leaf | 82.66 | 85.32 | 48.48 | 50.61 | 30.64 | 70.26 |
| | | Sheath | 103.15 | 110.55 | 40.14 | 33.57 | 23.60 | 50.04 |
| | | Stem | 267.11 | 264.96 | 55.86 | 31.30 | 60.95 | 110.83 |
| | | Panicle | 67.95 | 184.59 | 1,092.02 | 1,763.19 | 2,255.83 | 2,305.06 |
| | | Total | 520.87 | 645.42 | 1,236.50 | 1,878.67 | 2,371.02 | 2,536.19 |

。

由表 1 及表 2 可知，植株在充實期內所進行之氮素與碳素同化代謝，對穀粒之生長與發育有極重大之影響，雖然由營養器官轉移至穗部之蛋白質與碳水化合物非常顯著，但究竟有限。不過，營養器官及穗部之間營養需求之轉變，已足以誘導植株，尤其是葉片開始老化。

圖 3 為分蘖上部三個葉片水溶性蛋白質之變化情形。自開花以後，劍葉、第二葉與第三葉葉片內所含水溶性蛋白質逐漸降低，但葉片間可溶性蛋白質，含量略有差異。其含量以劍葉為最高，第二葉次之，第三葉含量最低。品種間則以嘉和11號較高（圖 3），開花後水溶性蛋白質含量減少之程度也較臺農67號為緩和。期作對於水溶性蛋白質含量之影響，以臺農67號較為顯著，其二期作葉片所測得之水溶性蛋白質含量高於一期作，嘉和11號雖有類似之結果，但僅在劍葉部位達到 5 %顯著水準。

由圖 4 可知，水稻葉片之蛋白質分解酵素活性，在種子充實期內變異極大。不同葉片之酵素活性變化也不一致。第二葉與第三葉在開花時所測得之酵素活性平均較劍葉為高，但隨生育期之改變而遞減，而劍葉所測得之酵素活性則無此現象。一期作之酵素活性在開花後即迅速下降，又略為上升，二期作則幾乎維持一定之水平。

葉片內游離胺基酸之變化列於圖 5。在開花時游離胺基酸含量最高，開花後第二至三週時含量最低，隨後其含量又急劇增加。葉片間之差異也十分明顯，劍葉內所含之游離胺基酸較其他葉片為高，品種間與期作間之差異也極顯著。

穀粒充實期間，葉片內 $\alpha$- 澱粉分解酵素活性之變化列於圖 6。一期作水稻葉片內該酵素活性於開花後逐漸上升，至充實後期活性下降。二期作該酵素活性於開花後逐漸上升，而維持在一定之水平。比較葉片之間酵素活性之差異，可以發現劍葉之活性較其他葉片為高，二品種均呈現相同之趨勢。

葉片內總醣含量之變化（圖 7）與游離胺基酸之變化情形頗為一致。總醣含量之變化除了受生育期之影響外，葉片著生部位同樣有顯著之影響。品種與期作之效應雖然存在，但不如葉片部位之作用明顯。

## 討　　論

二期稻作低產業經證實係肇因於生育期內氣象條件之不適（鄔等，1975），但本試驗二期作之單株分蘖乾量及單穗重皆高於一期作（圖 2），此與陳與蔡（1977）於1972—1973年間於臺中所獲得之

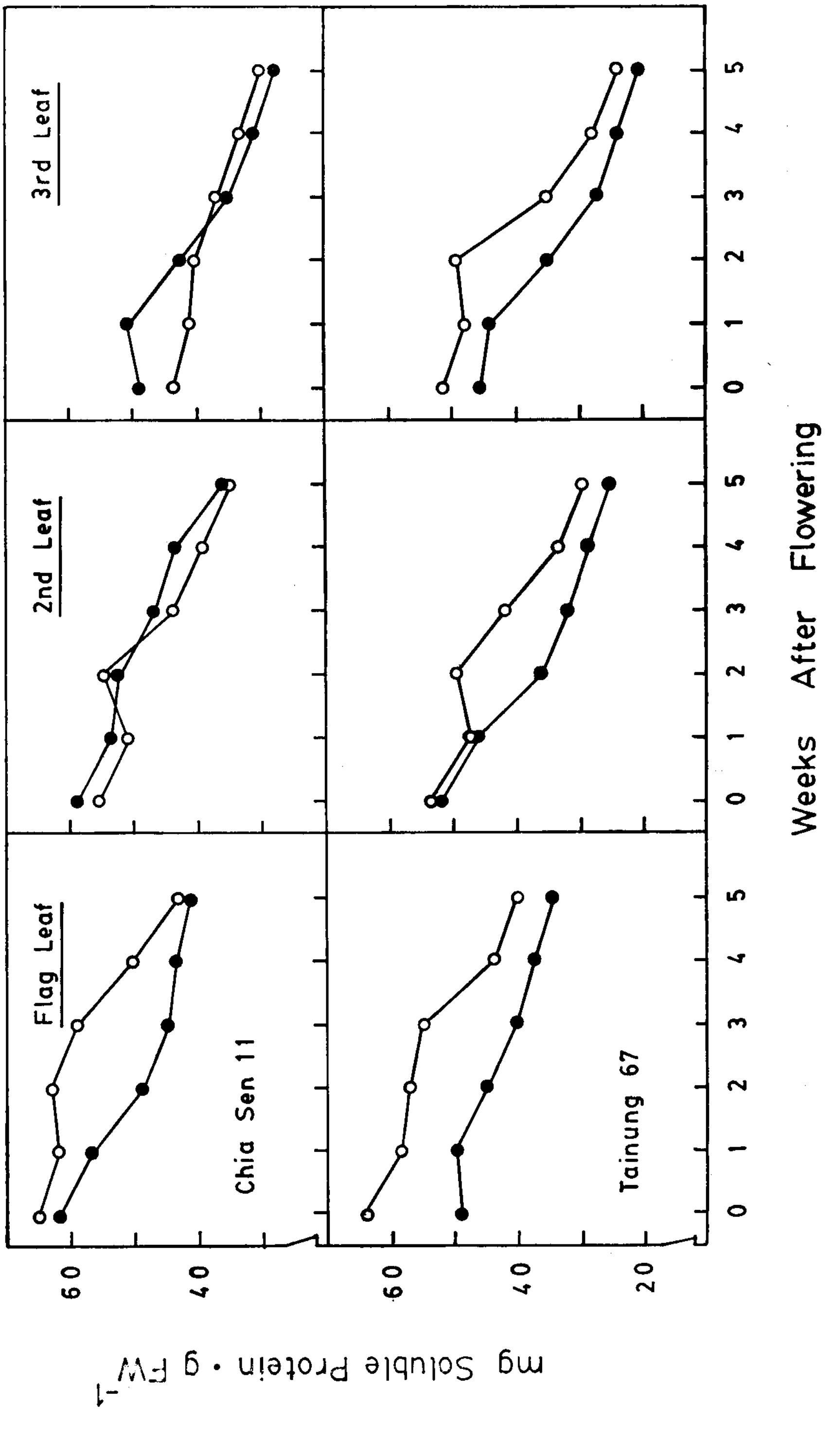



圖 3 水稻穀粒充實期時葉片水溶性蛋白質的變化（●：一期作，○：二期作）

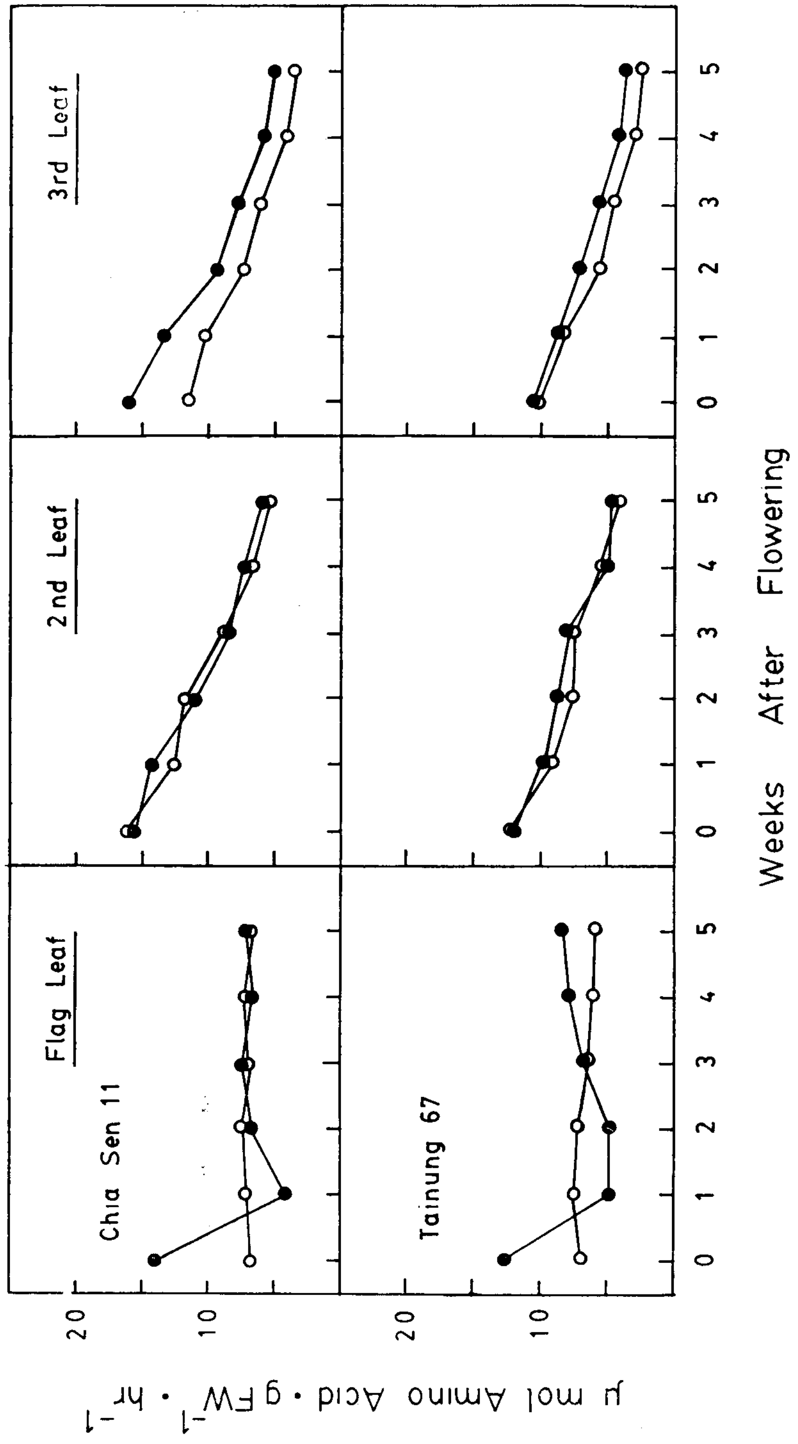



圖4 水稻穀粒充實期時葉片蛋白質分解酵素活性的變化（●：一期作，○：二期作）

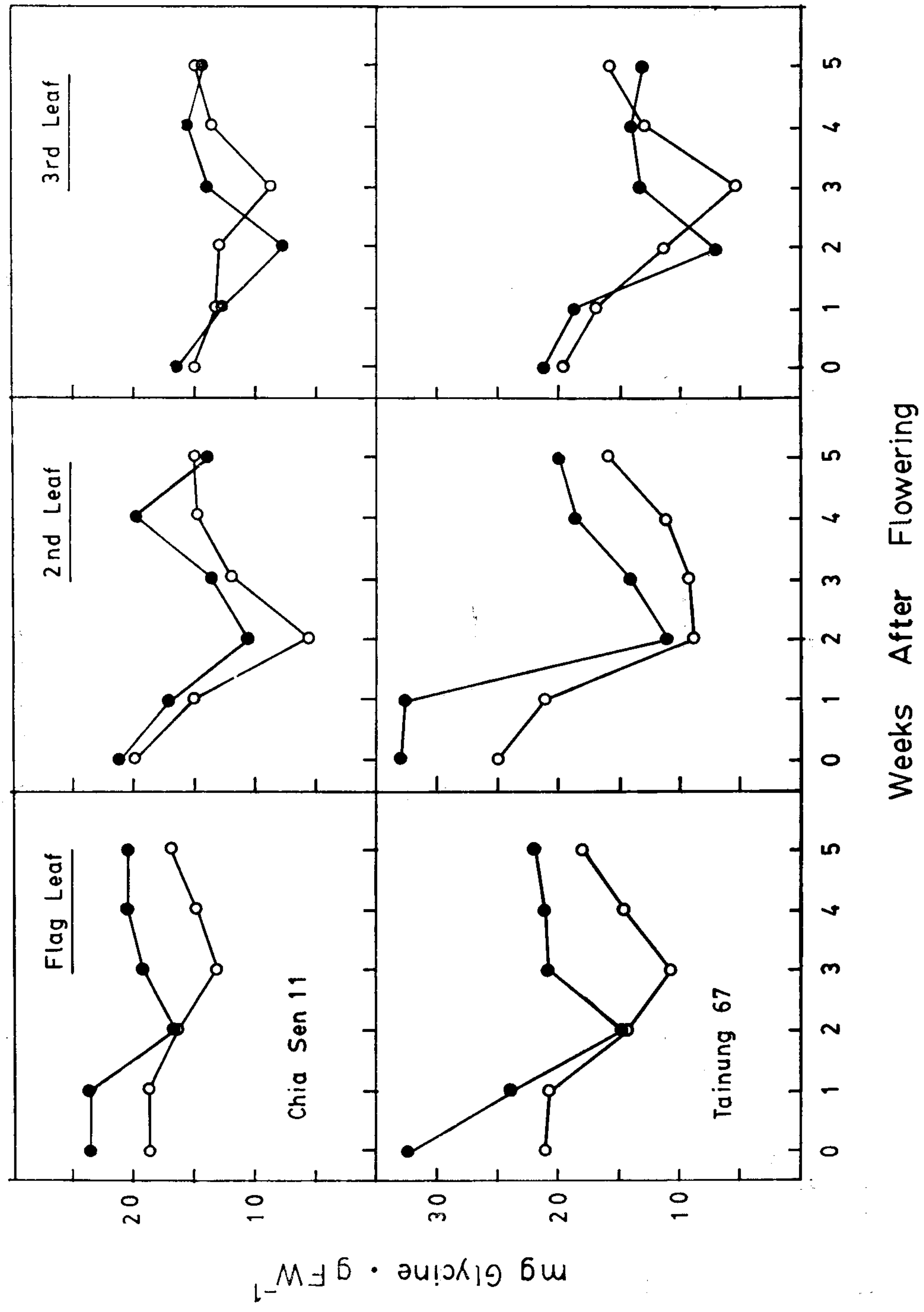



圖 5　水稻穀粒充實期時葉片游離胺基酸的變化（●：一期作，○：二期作）

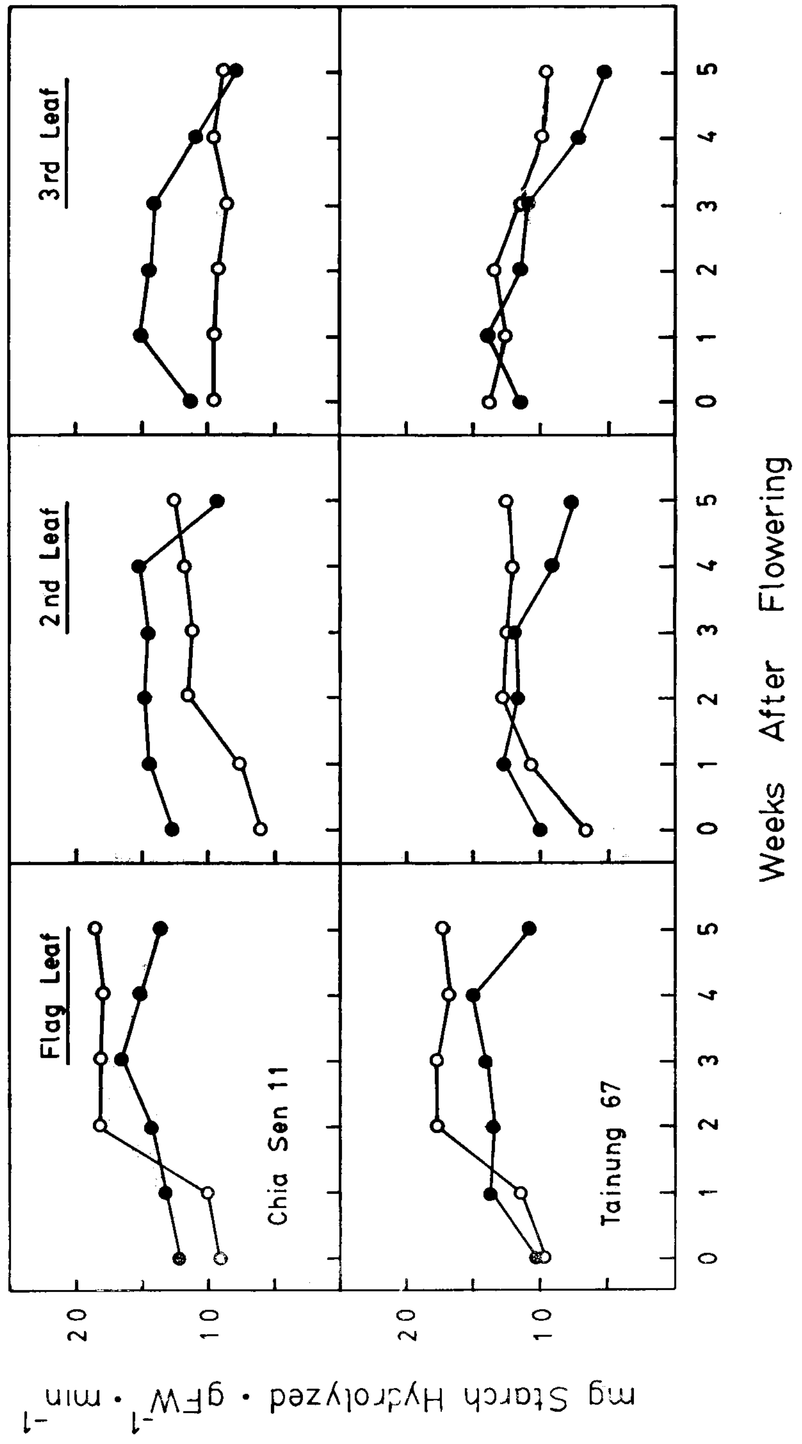



圖6　水稻穀粒充實期時葉脈α—澱粉分解酵素活性的變化（●：一期作，○：二期作）

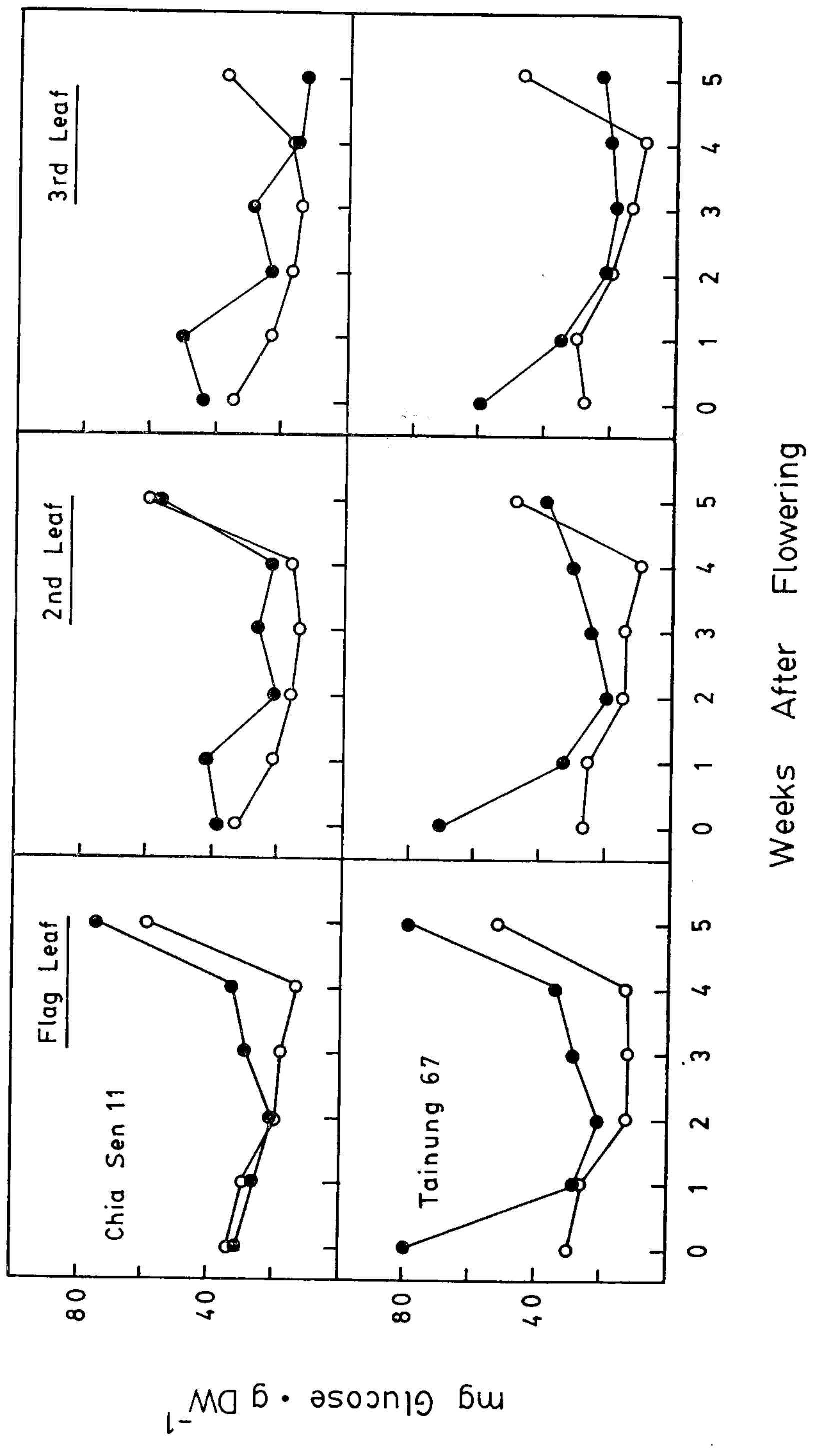



圖 7　水稻穀粒充實期時葉片總糖量的變化（●：一期作，○：二期作）

結果相同，但與其他之研究結果（朱等，1980；謝，1976；Wei *et al.*, 1982）相反。一般而言，稉稻穀粒充實期之最適溫度爲20—22°C（Munakata *et al.*, 1967；Murata, 1964；Yoshida and Hara, 1977），若低於 20°C以下，則會影響到光合產物之轉移，使得穀粒乾物累積減少（Aimi *et al.*, 1959）。溫度高，充實速率雖然較快，但充實期較短（朱等，1980），而且在高溫下呼吸作用旺盛，反而增加乾物質之消耗，致穀粒較小（朱等，1980）。本試驗二期作充實期間之氣溫約在20～25°C 之間，恰合乎其充實最適條件，而一期作之充實期月平均溫爲 27°C，略爲偏高。這種溫度差異可能是造成本試驗一、二期作產量不同之原因之一。

除了溫度之外，日射量同樣也是決定穀粒充實程度之主要氣象條件。本試驗中一期作之日射量係由低漸次升高，二期作則維持值 300 Cal/cm$^2$ 以上（圖1）。根據其他學者之研究（邱，1972；松島，1972），水稻抽穗後20天之內爲同化產物累積之重要時期，在此時期內之日射量，一期作平均爲 316 Cal/cm$^2$，二期作平均爲 370 Cal/cm$^2$；一期作穀粒充實期間，陰雨天較多，其中有七日之平均日射量低於 200 Cal cm$^2$，且都集中於開花後14天之內，二期作則僅有一天日射量低於200 Cal/cm$^2$. Cock and Yoshida (1972) 指出，穀粒充實需要大量的碳水化合物，而其中約有75%係由抽穗後之光合作用提供。本試驗中一期作穀粒充實期日射量偏低，以致於乾物質產量反不如二期作；Yoshida and Hara (1977) 指出，高日射量與低氣溫對水稻穀粒重量與結實率有利，本試驗亦得相同之結果。因此，若有適當之氣象條件，二期作並非絕對低產。不過，以目前本省各水稻栽培地區而言，二期作期間氣象條件適合之處並不多見，對於改善二期作低產之課題，的確相當困難。

水稻穀粒累積之蛋白質，主要係由營養器官轉移而來（IRRI, 1972），抽穗前蛋白質主要係存在於葉部（表1），開花後葉片之蛋白質含量即逐漸減少；此外，葉片之水溶性蛋白質也有類似之變化（圖3）。不過，葉片內並未發現有游離胺基酸累積之現象，顯示所分解之蛋白質大都轉移至穀粒內貯存，蛋白質之轉移在充實末期（開花後第三與第四週）方才停止，此時才有胺基酸累積於葉片之現象產生（圖5）。

根據 Yoshida and Ahn (1968) 報告，開花時植株營養器官乾物質含量減去收獲時營養器官內乾物質含量，再除以穗部乾物質累積增加之量，可表示乾物質轉移入穗部之百分比；依此計算方式，秈稻一、二期作之轉移百分比分別爲 48.56 %與 68.60%，稉稻則爲 62.09%與 88.82%，稉稻之轉移百分比要高於秈稻。而二期作也較一期作爲高。換言之，穀粒對於營養器官蛋白質之需求，二期作要比一期作高20%以上，不過值得一提的是，二期作由營養器官轉移至穗部之蛋白質雖較一期作爲多，但其存留於葉片內之蛋白質在充實期內仍然高於一期作。由於葉片內各蛋白質之分解與轉移直接關係到參與碳素同化代謝之酵素含量，以及葉片之碳素同化能力，這種葉片蛋白質含量上的差異或許也是導致二期作有較高之乾物質累積的另一原因。

除了由地上部位營養器官轉移之外，自根部吸收或轉移可能是穗部蛋白質的另一主要來源，Yuan and Shien (1980) 指出，在水稻充實期間，其氮素同化代謝仍然繼續進行；本試驗雖然未進行任何與氮素同化代謝有關之酵素活性測定，但由表1可知總蛋白質含量在充實期間均能持續增加，亦可間接佐證蛋 Yuan and Shien (1980)之論點。

水稻非構造性碳水化合物主要貯存於葉鞘和莖桿，隨著穀粒發育而轉移至穗部，直成熟時穗部非構造碳水化合物佔植株總碳水化合物之百分之比，秈稻一、二期作分別爲86.41與88.67%，稉稻一、二期作分別爲87.64%，及90.89%（表2）。充實末期營養器官之非構造性碳水化合物有再累積現象。這種現象可能顯示水稻積儲（sink）受到限制（Wei *et al.*, 1982），小麥亦有類似情形（Jenner and Rathjen, 1972, 1975）。Wei *et al.* (1982) 指出，若能增加積儲容量（包括穀粒大小與稔實小穗之增加）則產量至少可增加20%以上。

根據非構造性碳水化合物之轉移百分比來計算預貯存物質對穀粒產量貢獻之百分比，可以發現秈稻一、二期作分別爲 16.92%與 6.11%，而稉稻一、二期作則分別爲 23.88%及 9.91%，雖然一期作非構造性碳水化合物自營養器官轉移至穀粒要較二期作多。此資料較謝 (1976) 與Wei *et al.* (1983)

所估計者爲低，但期作間之差則與謝（1976）類似，與 Wei *et al*（1982）及鄔等（1975）不同。Yoshida（1972）認爲水稻在不適環境下，其莖桿貯存物質對產量之貢獻較大，本試驗期間，一期作充實期內氣候惡劣，因此穗部乾物質累積情況較差，而莖桿內之貯存物質對穗部之貢獻較二期作高，足可佐證 Yoshida（1972）之論點。此外，二期作開花初期，植株非構造性碳水化合物含量雖低於一期作，但開花後二週，其含量即高於一期作，此可能係由於氣象條件合適之緣故。陳與蔡（1977）在臺中地區之研究報告亦指出，二期作光合能力高於一期作，與林與蘇（1976）在臺北地區所得資料相反，由此可見氣象因子對水稻之生產，實有決定性之影響。

水稻於開花後，其葉部蛋白質分解酵素活性即開始降低（Biswas and Choudhuri, 1980；IRRI, 1972），本試驗亦得相同的結果（圖４），但大麥（Friedrich and Huffaker, 1980）、小麥（Dalling *et al*., 1976；Witten bach, 1979）與燕麥（Martin and Thiamann, 1972）之葉片老化時，此酵素活性會增加，而水稻葉片於開花後即下降，這種現象可能是水稻的特性。穀粒充實初期，第二、三葉該酵素活性較高，可能係由於穗部發育需要所造成，至充實後期，該酵素活性很低，此時葉部中大多數酵素蛋白已破壞，其活性之降低是可預期的。劍葉中該酵素活性於穀粒充實期內維持一定水平，顯示劍葉之氮代謝尙維持平衡，老化的程度較二、三葉緩和。

本試驗中穀粒充實前期葉片內游離胺基酸於開花後即顯著下降（圖５），開花後二至三週葉片內游離胺基酸最低，此時正值穀粒發育最快的時期（圖２），葉片內的游離胺基酸大部份運移至穀粒中以供給穀粒累積蛋白質所需（朱等，1980）。在充實後期游離胺基酸皆有上升之現象，這種情形可能是由於穗部蛋白質需求已漸減少之緣故（表１）。

葉片行光合作用所生成的同化產物以澱粉累積或以各種糖類型態供代謝及轉移，累積的澱粉必須被分解後才能作進一步轉移，$\alpha$- 澱粉分解酵素係澱粉分解之主要酵素之一。光合能力强的器官累積的澱粉較多，其 $\alpha$- 澱粉分解酵素的活性較高（Rogers *et al*., 1977）在穀粒充實時穗部需要大量的碳水化合物，故葉片內該酵素的活性一直維持至充實後期才下降（圖６）。水稻抽穗開花後，劍葉具有最高的同化能力（笹原，1981），其 $\alpha$- 澱粉分解酵素的活性亦較其它二葉高。葉片內總糖量的變化和游離胺基酸類似（圖７），在開花時葉片含有較多的糖類，開花後糖類含量下降（松島，1966；IRRI, 1971），至充實後期糖類含量又上升，本試驗亦有相同的結果。開花後葉片糖類含量降低係運送至發育中的穀粒，供澱粉的合成累積（Akazawa *et al*., 1964；Sigh and Juliano, 1977），貯存糖類和澱粉的主要器官——葉鞘和莖稈其糖類含量亦有類似的變化。充實後期糖類含量之上升也是由於穀粒澱粉的累積已停止之緣故。

## 結　　論

二期作前期高溫縮短營養生長期（一、二期作相差約20天），並導致植株中可供利用之非構造性碳水化合物減少。但二期作開花後之高日射量與適溫（20—25°C）促使其同化代謝旺盛，對乾物質之累積極有利。本試驗二期作充實期因逢此種有利之生育環境，故開花時營養器官之非構造性碳水化合物雖較一期作低，但因穀粒充實時，同化代謝旺盛，植株乾物重、非構造性碳水化合物以及穗重均較一期作高，而依賴抽穗前貯存於營養器官內之碳水化合物百分比較低。此外，成熟時殘留於營養器官內之碳水化合物與蛋白質也較多，由此可知氣象因子對稻作生產之重要性。

本試驗結果同時顯示，水稻產量之限制因子爲積儲容積（sink capacity）。由於穀粒發育受限於積儲容積，因此其穗部所累積之蛋白質有一定限量，植株葉片蛋白質分解與轉移所誘導之葉片自毀現象亦較緩和。此現象在劍葉尤其明顯，其葉片水溶性蛋白質雖受到老化之影響而降低，但與其他葉片相較，仍能維持較高之含量。此外，劍葉內蛋白質分解酵素活性維持恆定，$\alpha$- 澱粉分解酵素活性較高，且其受光位置也最佳，這些資料充分證明，劍葉在種子充實期時，係主要之同化代謝器官。

期作間於穀粒發育時，植株葉片老化之程度並無太大差異，由此可知，控制植株老化程度之主要因子仍然在始源一積儲二者間，亦即養分供需之關係上。以收穫穀粒爲目的之立場而言，若此種養分

轉移所導致之老化現象不可避免，則選擇具有高收穫指數之品種栽培，似乎較能符合經濟效益。

## 引 用 文 獻


1. 朱鈞、郭華仁、邱淑芬。1980。一、二期水稻發育中穀粒乾物質之蓄積與充實特性。科學發展月刊 8（5）：414—427
2. 邱再發。1972。植物營養之研究潮流及今後之研究方向。臺灣農業 8（2）：160—182
3. 松島省三。1966。水稻多收原理の探索。農業と園藝41：2—12
4. 松島省三。1972。稻作の理論と技術。養賢堂，東京。
5. 林安秋、蘇新。1976。二期水稻羣落光合作用之比較。科學發展月刊 4（11）：5—20。
6. 林美麟、戴國興。1979。屏東地區一、二期稻作光合成物質聚積之變化及其稻穗成長過程之比較研究。科學發展月刊 7（4）：394—400。
7. 笹原健夫。1981。水稻の穗の構造と機能に關する研究。1 穗なよづ植物體による14Cの同化と分配。日作紀50（3）：253—261。
8. 陳清義、蔡承良。1977。臺灣水稻生理特性之一、二研究。中華農學會報新（98）：19—34。
9. 鄔宏潘、廖崇英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳來貴、張萬來、林富雄、姜育郎。1975。第二期稻作低產原因之探討。科學發展月刊 3（10）：5—39。
10. 謝兄暐。1976。第一、二期作水稻之生長及同化能力與生產量關係之比較研究。載於「總統蔣公逝世週年紀念論文集」，pp. 463-481。中央研究院，臺北。
11. Aimi, R., H. Sawamura and S. Konno. 1959. Physiological studies on the mechanism of ripening in crop plant: The effect of the temperature upon the behavior of carbohydrates and some related enzymes during the ripening of rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 27: 405-407.
12. Akazawa T., T. Minamikawa and T. Murata. 1964. Enzymatic mechanism of starch synthesis in ripening rice grain. Plant Physiol. 39: 371-378.
13. Biswas, A. K. and M. A. Choudhuri. 1980. Mechanism of monocarpic senescence in rice. Plant Physiol. 65: 340-345.
14. Ching, T. M. 1977. Correlation of field emergence rate and seed vigor criteria in barley cultivars. Crop Sci. 17: 312-314.
15. Cock, J. and S. Yoshida. 1972. Accumulation of $^{14}C$-labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41, 226-234.
16. Dalling, M. J., G. Boland and J. H. Wilson. 1976. Relation between acid proteinase activity and redistribution of nitrogen during grain development in wheat. Aust. J. Plant Physiol. 3: 721-730.
17. Feller, U. K., T. S. T. Soong and R. H. Hageman. 1977. Protelytic activities and leaf senescence during grain development of field-grown corn (*Zea may* L.). Plant Physiol. 59: 290-294.
18. Friedrich, J. W. and R. C. Huffaker. 1980. Photosynthesis, leaf resistance, and ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase degradation in senescing barley leaves. Plant Physiol. 63: 1103-1107.
19. Howard, T. and J. L. Stoddart. 1980. Leaf senescence. Ann. Rev. Plant Physiol. 31: 83-111.
20. IRRI. 1971. Annual report 1970. Los Banos, Philippines. pp. 22-25.
21. IRRI. 1972. Annual report 1971. Los Banos, Philippines. pp. 12-18.
22. Jenner, C. F. and A. J. Rathjen. 1972. Factors limiting the supply of sucrose to the developing wheat grain. Ann. Bot. 36: 729-741.
23. Jenner, C. F. and A. J. Rathjen. 1975. Factors regulating the accumulation of starch in ripening grain. Aust. J. Plant Physiol. 2: 311-322.
24. Juliano, B. O. 1972. The rice caryopsis and its composition. *In* Rice Chemistry and Technology (D. F. Houston ed.), American Assoc. of Cereal Chemists, Minneapolis.
25. Lowry, O. H., N. J. Rosenbrough, A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement

with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193 : 265-275.

26. Mitchell, E. D. 1972. Homogeneous alpha-amylase from malted barley. Phytochmistry 11 : 1673-1676.

27. Martin, C. and K. V. Thimann. 1972. The role of protein synthesis in the senescence of leaves. I. The formation of protease. Plant Physiol. 49 : 64-71.

28. Munakata, K. T. Kawasaki and K. Kariya. 1967. Quantitative studies on the effects of the climatic factors on the productivity of rice. Bull. Chugoku Agri. Exp. Sta. A. 14 : 59-29.

29. Murata, Y. 1964. On the influence of solar radiation and air temperature upon the local differences in productivity of paddy rice in Japan. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 33 : 59-63.

30. Rogers, R. A., J. H. Dunn and C. J. Nelson. 1977. Photosynthesis and cold hardening in Zaysia and Bermudagrass. Crop Sci. 17 : 727-732.

31. Sigh, R. and B. O. Juliano. 1977. Free sugar in relation to starch accumulation in developing rice grain. Plant physiol. 59 : 417-421.

32. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1982. Physiological stuies of rice tillers. I. Partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates durin grain-filling. Proc. Natl. Counc. 6(3) : 190-166.

33. Wittenbach, V. A. 1979. Ribulose bishosphate carboxylase and proteolytic activity in wheat leaves from anthesis through senescence. Plant Physiol. 64 : 884-887.

34. Yemm, E. W. and E. C. Cocking. 1955. The determination of amino acids with ninhydrin. Analyst. 80 : 209-213.

35. Yoshida, S. and S. B. Ahn. 1968. The accumulation process of carbohydrate in rice varieties in relation to their response to nitrogen in the tropics. Soil Sci. and Plant Nutri. 14 : 153-162.

36. Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann Rev Plant Physiol. 23 : 437-464.

37. Yoshida, S., D, A. Forno, J. H. Cock and K. A. Gonez. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. IRRI, Philippines.

38. Yoshida, S. and T. Hara. 1977. Effects of air temperature and light on grain filling of an Indica and a Japonica rice (*Oryza sativa* L.) under controlled environmental conditions. Soil Sci. Plant Nutri. 23 : 93-107.

39. Yuan, H. F. and Y. S. Shien. 1980. Seasonal variation of nitrate reductase, glutamate dehydrogenase and the soluble nitrogenous compounds during rice growth. Bot. Bull. Academia Sinica. 21 : 35-52.

# The Influence of Cropping Season on Dry Matter Partitioning and Leaf Senescence Patterns of Rice Tillers*

C. L. Chen and J. M. Sung

*Research Institute of Food Crops*
*National Chung-Hsing University*
*Taichung, Taiwan 400, Republic of China*

## Summary

The effect of cropping seasons on the dry matter accumulation and the leaf senescence pattern of two field-grown rice (*Oryza sativa* L.) genotypes were investigated throughout the ripening period. The translocation of protein and nonstructural carbohydrate, protease and alpha-amylase activities, free amino acids and soluble sugars were determined in various leaves. The relation between the senescence pattern of leaves tissue and cropping seasons was also evaluated.

The results indicated that the total dry matter productivity in second cropping season was higher than that in first cropping season. This was attributed to the higher solar radiation and moderate air temperature in 1981 growing year. The contribution of pre-anthesis carbohydrate to final yield was 20% and 8% for first and second cropping seasons, respectively. The data also indicated that the nonstructural carbohydrate remaining in vegetative residue of second crop was higher than that of first crop, suggesting that the sink capacity was the major factor limiting rice yield. The partitioning of protein within rice tiller followed a pattern similar to that of the nonstructural carbohydrate. The higher protein content in leave tissue of second rice crops might delay the leaf senescence to some degree and thus, maintain higher assmilatory activities during ripening. Based on the results of this study, it was concluded that the major factor regulating the leaf senescence might be resided in the nutritional compound demand and supply (e. g., protein), between source and sink of rice plant.

*Suported by a grant 1982-4.1-47 (2—11) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 屏東地區期作性水稻品種間生理差異之研究*

吳文雄　　陳清義

國立屏東農業專科學校農藝科　國立中興大學植物系

## 摘要

爲瞭解本省水稻主要栽培地區之一的屏東地區水稻品種在第一、二期作所呈現生理反應之差異，作爲改善栽培方法及分期育種之參考資料。本試驗選擇外表型差異大之14品種種植於自然條件下，在生育期間每隔13天取樣調查，比較一、二期作之葉面積指數，葉綠素含量，葉片氮含量，根活性，光合能力，產量及產量構成要素之差異。玆將所得結果摘要於下。

1.供試14品種，生育期間稻根對 α—NA 氧化能力之變異，稍有不同。稉稻根活性不一定比秈稻高，視品種及生育期不同而異。供試品種生育後期，一期作根活性均高於二期作。

2.一期作生育後期葉綠素含量除臺中65號、陸奧錦兩品種外，均高於二期作。

3.供試14品種一期作之葉面積指數，抽穗期後，均高於二期作。二期作在抽穗期葉面積指數已達最高，然後迅速遞減。二期作葉面積指數與產量之相關係數爲0.75。

4.一期作有7個品種在生育後期葉片氮含量較高，但一、二期作生育期間葉片氮含量變遷差異不明顯。

5.單位葉面積之乾物生產量所代表之光合能力，二期作較一期作强。

6.第一期作高產品種依序爲臺農67號（7,080kg／ha）、臺中秈3號（6,700kg／ha）、低脚烏尖（6,640kg／ha），二期作爲臺中秈3號（3,960kg／ha）、高雄秈7號）3,832kg／ha）、臺農67號（3,460kg／ha）。二期作低產主要係穗數、每穗粒數減少及結實率降低。

## 前　言

本省第二期稻作低產原因之報告很多（李與湯，1963；黃，1977；鄔等，1975；鄧，1978），一般認爲與氣象因素、土壤肥力、病蟲害、栽培方法及品種等有關。致於解決方法，不外改進栽培技術：如灌漑排水的改善、施肥方法改良、栽培時期及栽培密度的調整；及改良品種：如育成適應二期作之品種，此爲提高二期作產量最經濟之途徑之一。

據鄔等（1975）報告：品種X期作及品種X地點之交感達1％顯著水準。省農試所正進行分區分期育種，以期育成眞正適應各地區二期作之品種（鄧與張，1979），但如能先探討品種在期作及地區之生理反應，對育種選拔工作及新品種之栽培技術頗有參考價值。

屏東地區爲本省主要稻作栽培區之一，而且第二期稻作減產最明顯（鄧，1978），本試驗選擇外表型差異大之14個品種，種植於自然條件下，比較一、二期作品種間之葉面積指數、葉綠素含量、葉片氮含量、根活性、產量及產量構成因素之差異，裨益供栽培技術及育種上參考。

## 材料與方法

㈠供試品種：選擇外表型迥異稉秈稻共14種品種。

稉稻：$V_1$（臺南5號），$V_2$（臺中65號），$V_3$（臺農67號），$V_4$（陸奥錦），$V_{13}$（臺東29號）。

秈稻：$V_5$（臺中在來1號），$V_6$（臺中秈3號），$V_7$（7859），$V_8$（大粒淸油），$V_9$（密陽23），$V_{10}$（低脚烏尖）・$V_{11}$（7827），$V_{12}$（嘉農

*行政院農業發展委員會補助計畫71農建—4.1—產—47（2—13）

秈8號），$V_{14}$（高雄秈7號）。

㈡插秧日期：二期作：70年7月18日

一期作：71年1月14日

㈢種植與管理：14品種逢機排列，種植於本田，行株距爲 20×25cm，每叢3支植，每一品種1,200叢。施肥量 N：$P_2O_5$：$K_2O$=120：60：60 kg/ha。氮肥總用量之⅓當基肥，其餘分四次追施。

㈣取樣分析調查：每品種生育期間，每隔13天逢機取生長整齊之植株測定，測定項目爲：

1.根活力：以 α-NA（α-Naphthylamine）法（周與陳，1979；山田與太田，1961；太田與山田，1961；熊沢，1974）測定之。

2.葉綠素含量：以 80% Acetone 抽取，以 Spectrophotmeter測定，換算葉綠素含量（AOAC, 1975）。

3.葉片氮含量：材料經 80°C 烘乾後，磨成細粉，以Kjeldahl 法（AOAC, 1975）測定之。

4.葉面積指數（LAI）：利用 Kiya 牌 Green leaf area meter 測定稻株綠葉面積。LAI爲單位土地面積內葉面積數（謝，1979）。（如$1m^2$有4叢水稻，葉面積爲$4m^2$, LAI＝4）。

5.光合能力：稻株經 105°C，24小時烘乾後重量，以其葉面積除之即爲單位葉面積之乾物生產量，作爲代表光合能力强弱（角田，1964）。

㈤產量及產量構成因素之調查：每區除求百叢穀產量以求每公頃產量外，並逢機10叢調查每叢穗數，每穗平均粒數、結實率、千粒重、株高。

## 結果與討論

㈠根的活性：

由圖1以測定 α-NA 氧化力表示之根活性程度供試品種間有不同。生育初期品種間差異較小，後期則較顯著。賴、侯（1976）指出，日本型稻之根活性均比印度型者高。但本試驗中之稉稻生育後期根活性，不一定比秈稻高，且視品種而異。$V_4$（陸奥錦）、$V_7$（7859）、$V_{11}$（7827）、$V_{12}$（嘉農秈8號）及$V_{14}$（高雄秈7號）五品種生育後期遞降速度大，所有供試品種一期作生育後期根活性均較二期作爲高。生育後期根活性降低，尤其二期作較偏低，似與二期作後期葉片老化較快及產量降低有關，與賴、侯（1976）報告相同。據賴、侯（1976）報告，根尖及新生成之根活性較高。又據陳、蔡（1977）報告，一期作根系分布較深，因此由取樣之誤差所測之期作稻根 α-NA 氧化力有偏低之可能性，在自然生育條件下改進根系取樣技術，亦値得再進一步研究改進。

㈡葉綠素含量：

在圖2供試14個品種葉綠素含量在齊穗期以前，均以二期作含量較高，至生育後期反而一期作葉綠素含量較高，但 $V_2$（臺中65號），$V_4$（陸奥錦）還是一期作較低。整個生育期中葉綠素含量變異，品種間略有不同，但均以生育初期含量低，然後漸漸增加，生育後期又遞減，與臺中二期作葉綠素含量變異情形迥異，陳、蔡（1977）在臺中測定臺中65號品種在二期作抽穗期後，未枯葉片其葉綠素含量仍然繼續增加，這亦說明在臺中地區二期作產量無減產之現象，而屏東地區減產那麼明顯，栽培技術及育種工作亦得注意期作及地域之差別之問題。

㈢葉面積指數：

依圖3生育初期供試品種二期作之葉面積指數稍高，但至抽穗期之後，一期作反而高，這與臺中之試驗結果類似(周與陳，1979)。供試14品種最高葉面積指數有差異性，一期作達4以上者有 $V_1$（臺南5號）、$V_3$（臺農67號）、$V_5$（臺中在來1號）、$V_6$（臺中秈3號）、$V_8$（大粒清油）、$V_{10}$（低脚烏尖）、$V_{12}$（嘉農秈8號）、$V_{14}$（高雄秈7號）等8個品種，最小者爲 $V_{11}$（8727）品種。

二期作大部分品種葉面積指數在抽穗期已達最高，抽穗後葉片迅速枯萎。臺南5號、臺農67號、臺中秈3號、高雄秈7號爲二期作較高產品種，抽穗後葉面積指數並無急速降低，此表示葉片無迅速枯萎之現象。供試所有品種於第一期作抽穗後，葉面積指數尙有增加之趨勢。因此維持或選拔抽穗後葉面積指數尙能增加並維持高葉面積指數至成熟期爲改善二期作栽培技術參考或爲育成適應二期作品種條件之一。

㈣葉片氮含量：

圖4中多數供試品種一期作生育初期葉片氮含量與二期作差異已不明顯，生育後期一期作葉片氮含量均較高，與周、陳（1979）在臺中試驗結果相

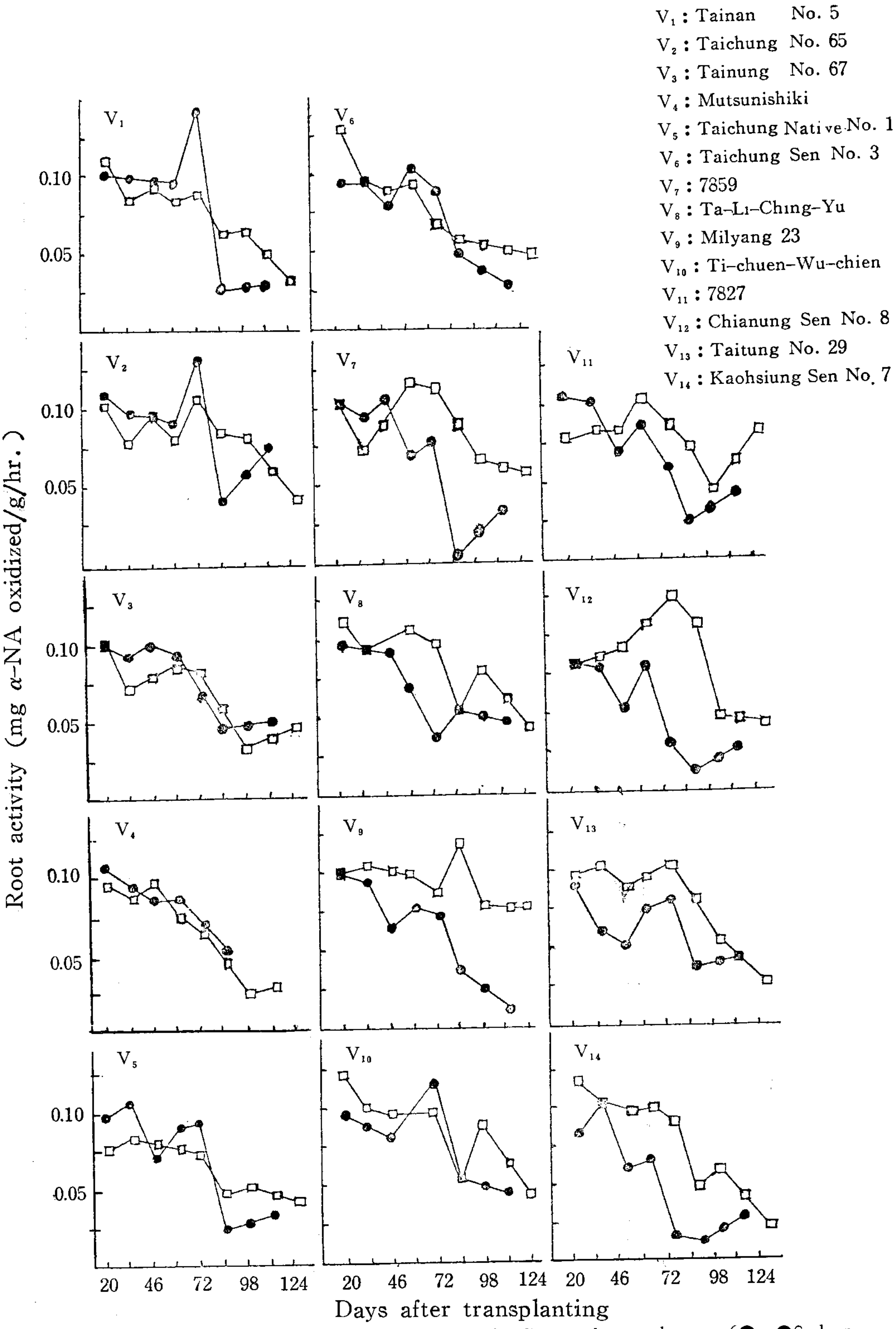



**Fig. 1** : Root activities of 14 rice varieties during the first and second crops (●—● 2nd crop 1981 ; □—□ 1st crop 1982)

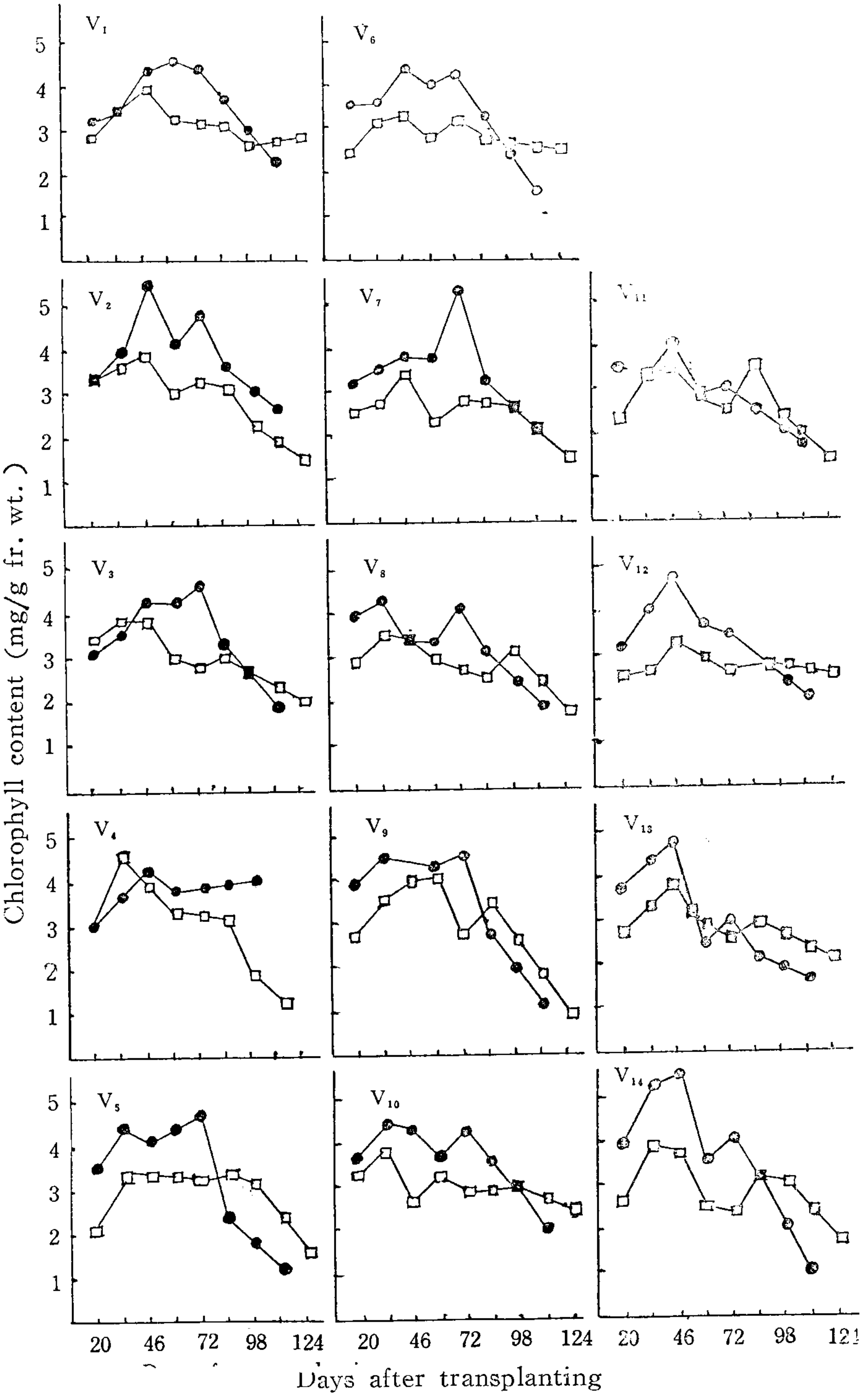



Fig. 2. Chlorohyll contents of 14 rice varieties during the first and second crops.

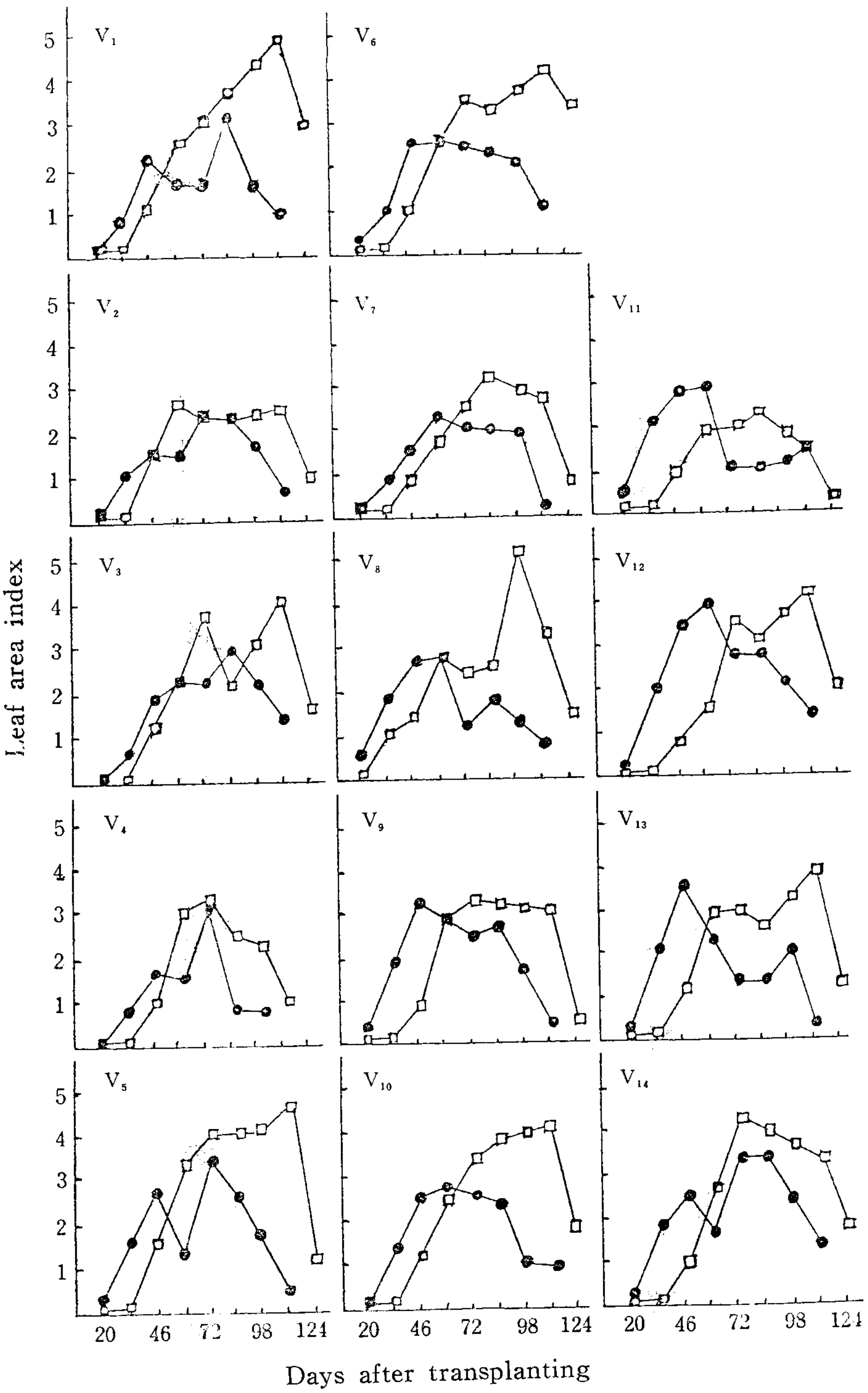



**Fig. 3.** LAI (leaf area index) of 14 rice varieties during the first and second crops.

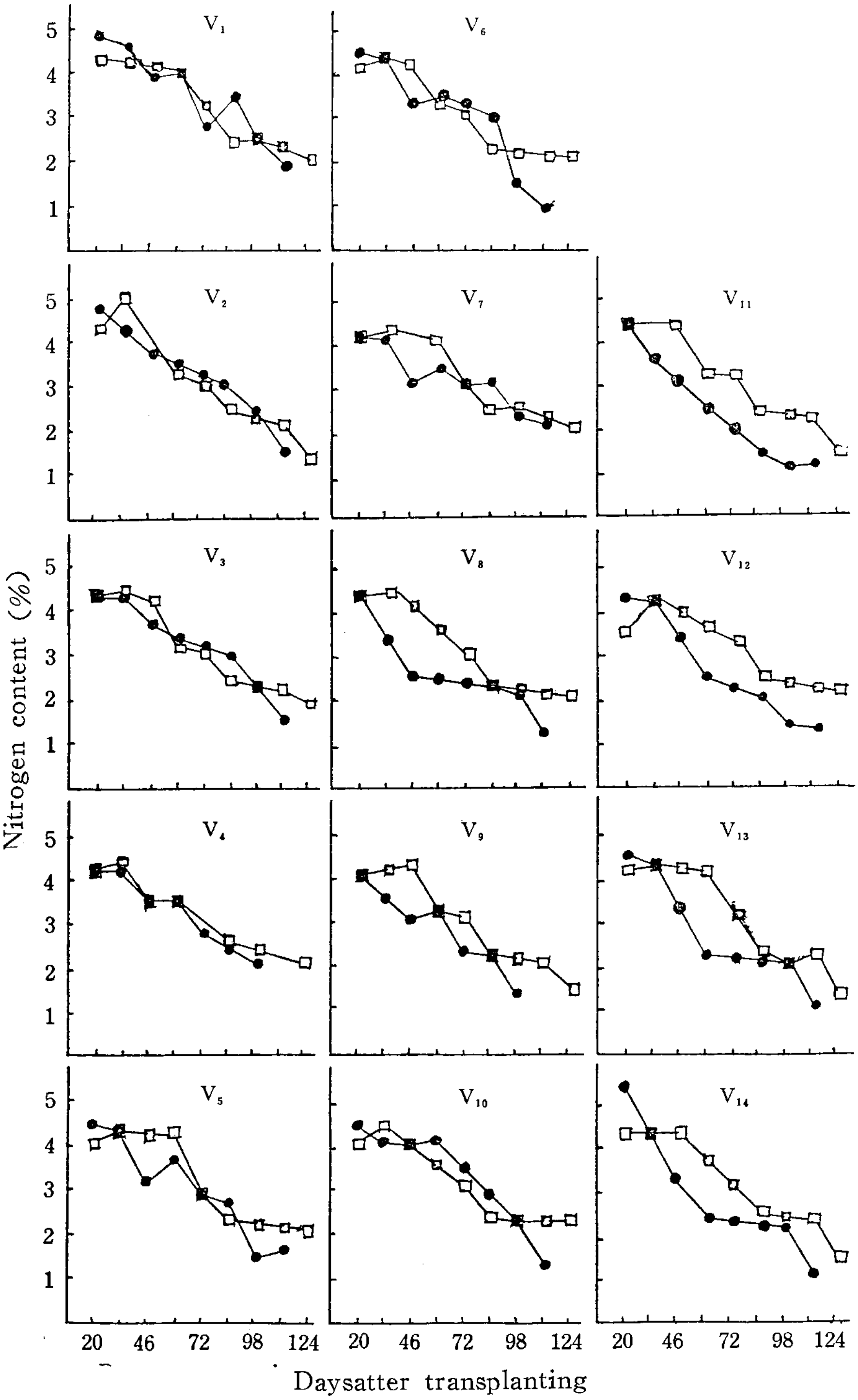



Fig. 4. Leaf nitrogen concentrations of 14 rice varieties during the first and second crops.

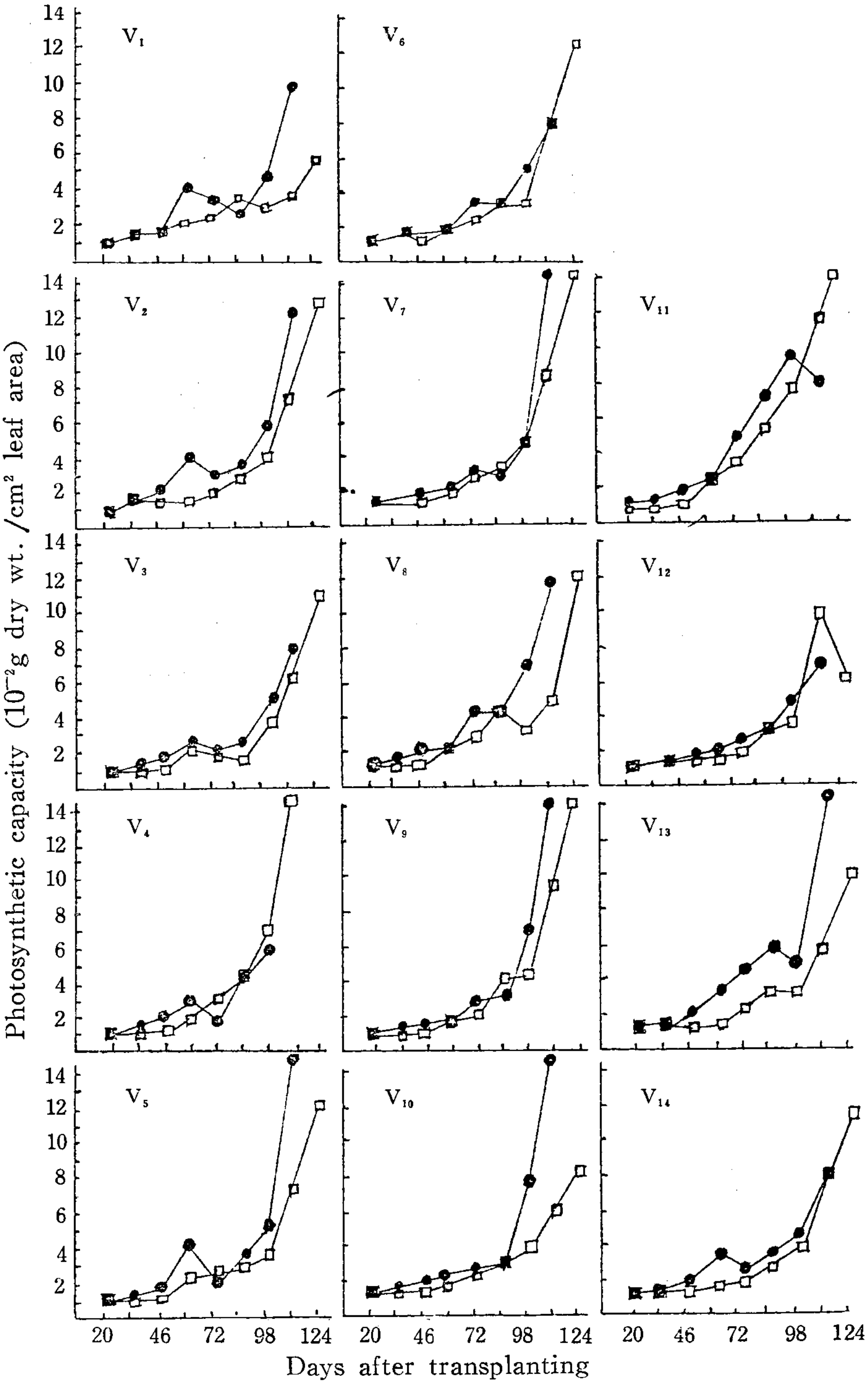



Fig. 5. Photosynthetic capacities of 14 rice varieties during the first and second crops.

似。另有陳等（1980）報告指出在臺中地區，臺南5號、臺中秈5號收穫前葉片氮含量高於一期作，但在本試驗中無此現象。

㈤光合能力：

測定單位葉面積之乾物生產量爲探討光合能力的一有效辦法（角田，1964）。單位葉面積光合能力之高低受葉面積指數及乾物重之影響，稻谷產量主要受抽穗前後之光合作用量決定（角田，1964）。

依圖5，二期作之單位葉面積之光合能力較一期作强，但其產量確低於一期作甚多，這或許是二期作後期葉片枯萎較快，及氣溫較低，呼吸耗量可能減少之緣故。與吳（1961）所謂的臺北地區第二期作抽穗後光合能力減低之結果略有異，而與陳、蔡（1977）在臺中所獲結果相同。高產品種如臺農67號、臺中秈3號等品種生育初期至後期雖然光合能力並不很强，但因其葉面積指數高所以產量高。7859品種後期光合能力顯示得很高，但產量甚低（Ⅰ：4,280kg/ha, Ⅱ～2,140kg/ha），主要因其植株高（一期作130.9cm，二期作107.5cm），而後期葉片枯萎也快。

本試驗供試14品種，二期作單位葉面積之光合能力都高於一期作，但二期作產量確很低，對產量關係，似應同時考慮 CGR（作物生長率）（謝，1979），這方面尚待進一步探討。

㈥產量及產量構成因素：

依圖6及表1，供試14品種第一期作高產量六品種係序爲臺農67號、臺中秈3號、低脚烏尖、臺中在來1號、臺南5號、陸奥錦，產量每公頃超過6公噸。二期作每公頃之產量均未達4公頃，其中最高二品種爲臺中秈3號之 3,960kg/ha，高雄秈7號爲 3,852kg/ha。屏東地區一、二期作產量差異非常明顯，供試大部分品種二期作產量未及一期作之五成，尤其是陸奥錦、大粒清油，未達一期作之三成，而以臺中秈3號及高雄秈7號兩品種因二期作之產量較高，二期減產較少。臺農67號二期作產量 3,460kg/ha 爲第三高者，而其一期作產量爲最高，相形之下二期作產量未及一期作之五成，主要係因穗數、結實率及每穗粒數明顯的降低，其他品種的原因亦相似。

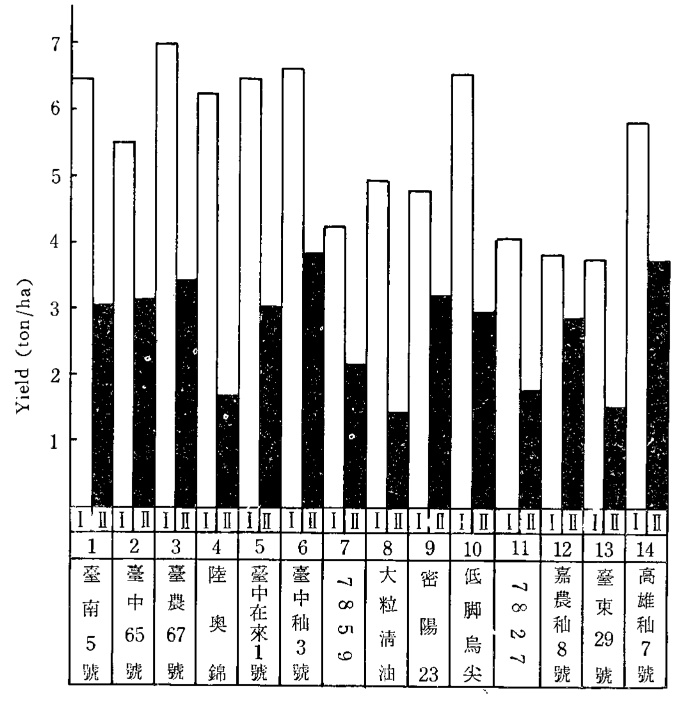



**Fig. 6.** Grain yields of 14 rice varieties in the first and second crops.

產量與抽穗期各性狀之相關係數分別爲根活性一期作 −0.68，二期作 0.12；葉綠素含量一期作0.21，二期作0.43；葉面積指數一期作0.17，二期作0.75；氮含量一期作0.01，二期作0.24；單位葉面積光合成能力一期作−0.55，二期作−0.38。

二期作產量與抽穗期葉面積指數之相關係數最大爲0.75，亦說明供試14品種在屏東地區二期作最大之限制因子爲葉面積指數，適應二期作之品種育種或改善二期作之栽培技術似可增加葉面積指數，以增加產量。

謝（1979）在北部南港之試驗認爲 LAI 的大小可能不是影響乾物質生產量的主要因素，需同時考慮保持高 CGR （作物生長率）。在南部以栽培技術如增加插秧密度，提高葉面積指數，到某一程度而不影響 ULR （淨同化率）即可提高 CGR（LAI×ULR），以達增產目的。筆者初步試驗觀察結果插秧密度太密時（25×10cm）雖然LAI 增加，但植株較軟弱而易倒伏及得病，產量反而減少，這也許是 ULR 降低之結果尙須進一步分析。光合成能力與產量之相關爲負相關，這或許是葉面積指數減少所致。一期作根活性與產量亦是負相關，是否爲高產品種根系較深而引起取樣誤差所致，或是其他原因，尙待進一步研究。

供試14品種雖然外表型差異大，但似無品種特別適合於二期作栽培環境，供試所有品種在屏東地區二期作減產如此嚴重之原因爲葉面積指數及葉綠素含量於抽穗期後急速下降，穗數少、結實率低、充實率差（千粒重小）、以致產量減少。葉氮含量之影響不明顯。在自然條件下根活性之測定，單位葉面積光合成能力與產量之關係，尙待進一步研討。

**Table 1.** Yield components of 14 rice varieties in the first and second crops.

| Character \ Variety | Crop season | 1<br>臺南5號 | 2<br>臺中65號 | 3<br>臺農67號 | 4<br>陸奧錦 | 5<br>臺中在來1號 | 6<br>臺中秈3號 | 7<br>7856 | 8<br>大粒清油 | 9<br>密陽23 | 10<br>低脚烏尖 | 11<br>7827 | 12<br>嘉農秈8號 | 13<br>臺東29號 | 14<br>高雄秈7號 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plant hight (cm) | I | 103.7 | 108.0 | 98.7 | 98.0 | 81.2 | 77.6 | 130.9 | 128.3 | 73.0 | 80.2 | 127.0 | 68.9 | 112.3 | 85.4 |
| | II | 105 | 107 | 96.5 | 88.1 | 77 | 80 | 107.5 | 118 | 85 | 89 | 137.5 | 82 | 101 | 98 |
| 1,000 grains weight (g) | I | 23 | 24 | 21.8 | 21.2 | 23.6 | 24.6 | 33.5 | 23.6 | 25.1 | 24.2 | 22 | 22.4 | 21.3 | 24.7 |
| | II | 18.9 | 23.8 | 20.8 | 17.1 | 20.4 | 23.0 | 23.7 | 21.3 | 16.7 | 20.3 | 23 | 18.8 | 18.7 | 24 |
| Panicle no. (no.) | I | 18.8 | 17.8 | 18.4 | 21.8 | 18.3 | 21.6 | 11.8 | 21.5 | 16.4 | 19.5 | 14.1 | 22 | 32 | 14.6 |
| | II | 11.2 | 11.7 | 11.1 | 13.3 | 13.4 | 15.3 | 8.6 | 9.1 | 14.3 | 15.3 | 9.7 | 14.2 | 12 | 11.2 |
| Seed fertility (%) | I | 93.7 | 92.3 | 94.7 | 91 | 88.4 | 84.4 | 95.2 | 83.4 | 89.6 | 94.6 | 93.8 | 90.4 | 84.8 | 91.9 |
| | II | 93.4 | 93.6 | 84.9 | 89.7 | 83.4 | 92.4 | 80 | 88.1 | 81.6 | 85.5 | 88.3 | 87.8 | 93.6 | 96.0 |
| Number of spikelat (no.) | I | 95.1 | 115.9 | 112.6 | 105 | 117.8 | 117 | 108 | 127.4 | 97.8 | 110.6 | 97.2 | 102.9 | 84.2 | 120.3 |
| | II | 112.5 | 76.5 | 91.3 | 88.2 | 71.5 | 80.6 | 105.2 | 87.6 | 99.1 | 86.3 | 83.1 | 94.0 | 79.1 | 94.0 |
| Yield (kg/ha) | I | 6,560 | 5,600 | 7,080 | 6,300 | 6,600 | 6,700 | 4,280 | 5,040 | 4,940 | 6,640 | 4,160 | 4,960 | 3,900 | 5,960 |
| | II | 3,120 | 3,160 | 3,460 | 1,660 | 3,020 | 3,960 | 2,140 | 1,480 | 3,260 | 3,060 | 1,778 | 2,884 | 1,541 | 3,832 |

## 引用文獻


1.李文龍、湯文通．1963．臺灣第二期作水稻單位面積產量不如第二期作之原因及其改進方法。科學農業11（1.2）：9—35。

2.吳振能．1961．第2期作水稻低產之生理研究。臺灣農業試驗所50年年報，pp. 34—35.。

3.周瑞國、陳清義．1979．臺灣一、二期作水稻數種生理特性之比較研究。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集，pp. 113—121。行政院國科會，臺北。

4.陳建山、黃定鼎、 沈美珍、劉大江．1980．期作間水稻不同器官內碳水化合物與氮磷鉀濃度變化比較。中華農業研究，29（2）：81—92。

5.陳清義、蔡承良．1977．臺灣水稻特性之1、2研究。中華農學會報新（98）：19—34。

6.黃眞生．1977．水稻第二期作低產之原因，中華農學會報新100：22—31。

7.鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳來貴、張萬來、林富雄、吳育郎．1975．第二期稻作低產原因之探討。科學發展月刊3（10）：5—40。

8.鄧耀宗．1978．臺灣二期稻作增產研究：品種與一、二期作產量之關係。中華農業研究 27（3）：213—222。

9.鄧耀宗、張萬來．1979．稻分期育種之可行性。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集，pp. 215—224。行政院國科會，臺北。

10. 賴光隆、侯清利．1976．關於稻根生理生態的研究：不同類型水稻生育時期別根部活力診斷及其應用。中華農學會報新（95）：7—23。

11. 謝昱暲．1979．一、二期作水稻之生長與光合作用構成因子。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集，pp. 91—98。行政院國科會，臺北。

12. 山田登、太田保夫．1961．$\alpha$—ナフチルアミンによる水稻根の活力診斷。農業及園藝 136：1983—1985。

13. 太田保夫、山田登．1961。水稻根の活力診斷のための根の節位分級法。農業及園藝36：1503—1505。

14. 戶刈義次等編．1963．作物試驗法。農業技術協會，東京。

15. 角田重三郎．1964．作物品種の多收性の研究，日本學術振興會。

16. 岡島秀夫．1968．イネの生理と栽培，農山漁村文化協會。

17. 熊沢喜久 ．974．植物營養學大要，養賢堂，東京。

18. Association of Official Agriculture Chemists. 1975. Official methods of analysis (12th ed.) The Association : Washington. D. C.

# Studies on the Physiological Characteristics of Rice Varieties of the First and Second Crops in Pingtung Area*

Wen-Hsiung Wu

*Department of Agronomy*
*National Pingtung College of Agriculture*
*Pingtung, Taiwan 900*
*Republic of China*

Ching-Yih Chen

*Department of Botany*
*National Chung-Hsiung University*
*Taichung, Taiwan 400*
*Republic of China*

## Summary

Leaf chlorophyll content, leaf N content, root activity, leaf area index, photosynthetic capacity, yield and yield components of 14 rice varieties of the first and the second crops in Pingtung area were investigated and compared. Results obtained are summarized as follows:

1. The $\alpha$-naphthylamine oxidizing ability of rice root differed with varieties and growing period. Root oxdizing ability in the late growing period of the first crop was higher than that of the second crop.

2. Except Taichung 65 and Mutsuniskiki, leaf chlorophyll content in the late growing period of the first crop was higher than that of the second crop.

3. The leaf area indice of all tested varieties after heading in the first crop were higher than those in the second crop. In the second crop, the leaf area index reached the maximum in the heading time and then decreased abruptly. The correlation coefficient between leaf area index and yield of the second crop was 0.75.

4. The leaf N content during late growing period was higher in the first crop. N contents of 7 vaieties did not fluctuated obviously in the first and second crops.

5. The photosysthetic capacity, presenting by dry matter production per unit leaf, was higher in the second crop than that the first crop.

6. The grain yield of the first crop: Tainung No. 67 (7,080kg/ha); Taichung Sen No. 3 (6,700 kg/ha); Ti-eChun-Wu-Chien (6,640kg/ha). The second crop: Taichung Sen No. 3 (3,960kg/ha); Kaohsiung Sen No. 7 (3,832 kg/ha); Tainung No. 67 (3,460 kg/ha). The lower grain yield of the second crop was mostly due to low panicle number, low grain per spikelat and low fertility.

*Supported by a grant 1982-4.1-47 (2—13) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 水稻農藝性狀取樣方法之研究*

## 1. 期作間之比較

劉　清　　何　惠　　曹紹徵

臺灣省農業試驗所農藝系

### 摘　要

本文探討在不同期作下，試區取樣時水稻重要農藝性狀之適當取樣單位及樣品大小，並作產量構成要素與實粒重關係之比較。以臺農67號為材料，分70年二期作與71年一期作調查株高、實粒重及產量構成要素等12個性狀，並作①取樣單位間與取樣單位內變異性之比較，②取樣單位大小之影響，③取樣大小之影響及④實粒重與其他性狀之相關。結果顯示一、二期作各性狀取樣單位內之變異較取樣單位間之變異為大，且取樣單位間之差異達極顯著，表示試區內之植株間仍有某種程度之變異。除產量外，相鄰四株（２株×２株）之取樣單位可應用於一期作，而相鄰四株（２株×２株）或相鄰六株（２株×３株）之取樣單位較適於二期作。樣品大小在一期作時每試區內３個取樣單位已足够，二期作時每試區內４個取樣單位較準確。試區內之偏性因素除應盡力控制外，尚應盡可能在試區內逢機取樣，以使可能導入試驗結果之偏性因素能有機會互相抵消。實粒重與穗數之相關極高（一期作0.74，二期作0.81）但與每穗穎花數，結實率及千粒重等「導出性狀」（derived character）之相關很低，因此作選拔或作產量預測時應以４個產量構成要素之乘積作指標，而不能以前述導出性狀為依據。

### 前　言

取樣方法為探討如何自族羣中選出一部分個體而又能正確的代表整個族羣。取樣方法視研究目的，材料性質，時間，經濟，人力物力等條件而定。如欲加以取樣之族羣為田間試驗之試區（plot），則此種取樣即稱為試區取樣（plot sampling）（Gomez, 1972）。好的試區取樣法能使樣品平均值極為接近整個試區平均值，而無需一一測量整個試區內之每一個體。實施取樣前首先需決定：（１）取樣單位（sampling unit），即欲加以測量之單位。水稻田間試驗之取樣單位可為單株，相鄰數株或數平方公尺面積等。（２）自試區中選取取樣單位之方法，如情況許可，應盡可能採逢機取樣（Steel and Torrie, 1980）。（３）樣品大小（sample size），即欲自每一試區中選出之取樣單位數目。取樣方法為影響試驗結果之重要因素之一，目前研究水稻的試驗者對水稻各性狀之取樣單位及樣品大小，多依個人習慣或方便取樣，缺乏理論或實驗依據，故常造成樣品過大，浪費人力及時間；或樣品過小，取樣單位太小，以致所獲資料缺乏代表性。本研究之目的乃欲探討在不同期作下，水稻重要農藝性狀之適當取樣單位及樣品大小，以供各試驗者進行水稻試驗之參考，俾減少不必要之勞

*行政院農業發展委員會補助計畫71農建—4.1—糧—47（２—14）。

力及時間，並增加試驗結果之可靠性及代表性。

## 材料與方法

1.試驗材料：試驗材料為臺農67號，試驗於70年二期作及71年一期作在臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所試驗田進行，生育期間曾加適時之病蟲害防治，田間管理及肥料用量按一般慣行法實施。

2.試驗方法：①本研究為探討取樣單位及樣品大小對各農藝性狀變異性（variability）之影響，故在1000平方公尺之試驗田中，以相鄰九株為一取樣單位，逢機選取 100個取樣單位組成樣品，族羣取樣率（sampling fraction）約為1／10。調查及記錄各性狀時仍以株（hill）為單位，以便研究取樣單位大小之影響，各性狀依各生長時期進行取樣並調查記錄。②資料分析：在不同大小之取樣單位（由1株至九株）下，分析樣品取樣率（100%至5%）與各性狀變異性之關係，並配合取樣單位間與取樣單位內變異性之比較，決定最適當的取樣單位及樣品大小。

3.調查項目：株高，穗數，穗重，穗長，實粒重，總粒重，實粒數，空粒數，每穗穎花數，結實率，千粒重，實粒重／穗重等12個性狀。各性狀之定義及調查方法均按國際稻米研究中心出版之「The Morphology and Varietal Characteristics of the Rice Plant」一書行之。

## 結果與討論

### (一) 取樣單位間與取樣單位內變異性之比較

由各性狀資料單分類變方分析結果，可比較取樣單位間與取樣單位內變異性之大小。若取樣單位間之變異不顯著，則表示整個試區可視為一同質（homogeneous）性的羣體，因此取樣單位之數目(即樣品大小)無需太多；反之若取樣單位間之變異顯著，則表示試區內取樣單位間之差異很大，在這種試區內取樣，取樣單位之數目即需較多，並逢機的分布於整個試區，如此所取出之樣品才能代表整個試區。由一期作及二期作各性狀變方分析結果（表1）可明顯看出雖然各性狀取樣單位內之變異（

表1. 取樣單位間與取樣單位內變異程度之比較

Table 1. Comparison of variability among and within the sampling units

| Character | First crop | | | | Second crop | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mean | F-value | $\sigma_A^2$(%)[a] | $\sigma_W^2$(%)[b] | Mean | F-value | $\sigma_A^2$(%)[a] | $\sigma_W^2$(%)[b] |
| Plant ht. (cm) | 98.53 | 8.35** | 44.9 | 55.1 | 104.72 | 4.20** | 26.2 | 73.8 |
| Panicle wt./plant (g) | 33.60 | 2.26** | 12.3 | 87.7 | 27.13 | 1.75** | 7.7 | 92.3 |
| No. of panicles/plant | 16.52 | 3.35** | 20.7 | 79.3 | 12.76 | 1.28** | 3.0 | 97.0 |
| Mean panicle length/plant (cm) | 19.54 | 3.67** | 23.3 | 76.7 | 20.09 | 2.09** | 11.0 | 89.0 |
| Wt. of filled grains/plant (g) | 30.98 | 2.36** | 13.1 | 86.9 | 24.39 | 1.91** | 9.2 | 90.8 |
| Total wt. of grains/plant (g) | 32.12 | 2.27** | 12.4 | 87.6 | 25.88 | 1.79** | 8.1 | 91.9 |
| No. of filled grains/plant | 1,278.76 | 2.53** | 14.5 | 85.5 | 1,038.81 | 1.94** | 9.5 | 90.5 |
| No. of unfilled grains/plant | 257.35 | 9.00** | 47.0 | 53.0 | 345.28 | 2.69** | 15.8 | 84.2 |
| Mean no. of spikelets/plant | 95.50 | 5.76** | 34.6 | 65.4 | 109.13 | 3.14** | 19.2 | 80.8 |
| % of filled grains | 83.43 | 11.14** | 53.0 | 47.0 | 75.03 | 6.02** | 35.8 | 64.2 |
| 1000-grain wt. (g) | 24.25 | 3.44** | 21.3 | 78.7 | 23.38 | 2.55** | 14.5 | 85.5 |
| Wt. of filled grains/panicle wt. (%) | 73.88 | 7.05** | 40.2 | 59.8 | 71.44 | 8.03** | 43.8 | 56.2 |

*, **Significant at 5% and 1% levels, respectively.

a. Percent of variation among the sampling units.

b. Percent of variation within the sampling units.

$\sigma_W^2$）較取樣單位間之變異（$\sigma_A^2$）爲大，但取樣單位間之差異仍達極顯著之水準。一、二期作各性狀取樣單位間之差異達極顯著之結果明顯表示試區內取樣之重要性。在田間試驗中，試區爲吾人施以處理（treatment）之最小單位，通常亦爲試驗記錄的最基本單位，因此若無法利用整個試區之材料而必須加以取樣時應注意防止取樣誤差（sampling error）之被導入試驗記錄中，不當的試區內取樣對試驗結果的正確性有很大的影響。一、二期作取樣單位間之差異極顯著亦提醒吾人在試區內取樣最好採用逢機取樣（random sampling）以減少取樣誤差。

**（二）取樣單位大小之影響**

爲研究取樣單位大小對各性狀變異性之影響，分別以單株（1株×1株），相鄰二株（1株×2株），相鄰三株（1株×3株），相鄰四株（2株×2株），相鄰六株（2株×3株）及相鄰九株（3株×3株）爲取樣單位，計算各性狀在不同大小取樣單位下之變異係數值（表2）。由表中可看出不論一、二期作，以單株爲取樣單位，變異係數均爲最高，但隨取樣單位之增大，變異係數即隨之減小。各性狀變異係數隨著取樣單位增大而減少之速率不盡一致，穗重，穗數，實粒重，實粒數，每穗穎花數等性狀，其變異係數減小之速率較快；反之株高，結實率，穗長等性狀，其變異係數減小之速率較慢，且不甚明顯。表2亦可看出變異性較大的性狀其變異係數減小的速率較快，變異性較小的性狀其變異係數減小的速率較慢。由一、二期作各性狀之變異係數值可發現凡與適應性（fittness）或繁衍後代有關之性狀如穗數，實粒重，每穗穎花數等均具有較大之變異性，而與適應性較無關之性狀，如株高，結實率，穗長等則具較小之變異性（Flaconer, 1960）；或謂與生殖（reproductivity）有關之性狀，變異性較與生殖無關之性狀爲大，或許如此才可保障物種在環境劇變下得以不致滅絕。由表2中可知，雖然各性狀之變異性差異很大，但都有隨取樣單位之增大而逐漸降低之趨勢，大致言之，一期作時以相鄰四株（2株×2株）爲取樣單位似乎在經濟上及準確程度上皆能兼顧。雖然以相鄰四株爲取樣單位，但對每一性狀却無需四株皆

表2. 不同大小取樣單位下之變異係數值（%）

**Table 2.** Coefficients of variation (%) under different size of sampling unit.

| Character | First crop | | | | | | Second crop | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1×1[a] | 1×2 | 1×3 | 2×2 | 2×3 | 3×3 | 1×1 | 1×2 | 1×3 | 2×2 | 2×3 | 3×3 |
| Plant ht. (cm) | 3.51 | 3.12 | 3.19 | 2.99 | 2.89 | 2.80 | 4.75 | 3.74 | 3.37 | 3.18 | 2.73 | 2.58 |
| Panicle wt./plant (g) | 24.19 | 17.41 | 14.60 | 11.91 | 11.09 | 11.15 | 29.72 | 24.50 | 19.92 | 17.64 | 14.40 | 13.16 |
| No. of panicles/plant | 31.63 | 22.53 | 18.20 | 16.66 | 14.52 | 15.50 | 25.42 | 21.63 | 17.09 | 15.51 | 12.41 | 10.69 |
| Mean panicle length/plant (cm) | 4.10 | 3.50 | 3.14 | 3.05 | 2.58 | 2.44 | 5.61 | 4.04 | 3.28 | 3.16 | 2.52 | 2.26 |
| Wt. of filled grains/plant (g) | 24.69 | 17.90 | 14.83 | 12.19 | 11.54 | 11.63 | 31.84 | 25.99 | 21.03 | 18.68 | 15.29 | 14.09 |
| Total wt. of grains/plant (g) | 24.33 | 17.51 | 14.55 | 11.91 | 11.09 | 11.23 | 30.86 | 25.07 | 20.17 | 17.83 | 14.60 | 13.41 |
| No. of filled grains/plant | 23.65 | 17.32 | 14.42 | 12.27 | 11.67 | 11.85 | 30.36 | 24.71 | 19.81 | 17.89 | 14.96 | 13.65 |
| No. of unfilled grains/plant | 52.39 | 42.96 | 41.71 | 39.10 | 37.94 | 38.86 | 41.72 | 31.98 | 27.00 | 25.05 | 21.57 | 20.52 |
| Mean no. of spikelets/plant | 19.04 | 14.40 | 13.94 | 13.30 | 11.51 | 12.21 | 14.60 | 10.59 | 9.29 | 8.99 | 7.72 | 7.32 |
| % of filled grains | 7.87 | 6.72 | 6.52 | 6.22 | 6.36 | 6.33 | 9.79 | 8.21 | 7.18 | 7.03 | 6.27 | 5.89 |
| 1000-grain wt. (g) | 6.03 | 4.37 | 4.09 | 3.51 | 3.42 | 3.37 | 6.76 | 4.52 | 4.03 | 3.87 | 3.34 | 3.17 |
| Wt. of filled grains/panicle wt. (%) | 2.71 | 2.83 | 2.52 | 2.36 | 2.22 | 2.16 | 5.93 | 4.17 | 3.43 | 3.42 | 2.96 | 2.85 |

a. hill×hill.

測量，變異性較大之穗數，穗重、實粒重，每穗穎花數等可測量四株然後平均之，變異性較小之株高、結實率、穗長等則在取樣單位內逢機選取一或二株測量即可。二期作內單株取樣之變異性較一期作爲大，故最好以相鄰四株（2株×2株）或相鄰六株（2株×3株）爲取樣單位，以提高準確程度。如前所述，對變異性較大之性狀可測量取樣單位內之所有植株，對變異性較小之性狀則測量取樣單位內之一部分植株即可。

### （三）樣品大小之影響

樣品大小（每試區中所欲選出之取樣單位數）直接影響到試驗結果之準確程度。故以相鄰四株（2株×2株）爲一取樣單位，則各性狀樣品大小與準確程度之關係分一、二期作列於表3。由表中可明顯看出各性狀之準確程度皆隨樣品之增大而提高。雖然加大取樣單位及增加樣品大小皆有助於提高準確程度，但通常增加樣品大小較加大取樣單位來得有效，比較本文表2及表3時可發現此種結果。

表3. 以2株×2株取樣時，不同樣品大小下樣品平均之變異係數值（%）

**Table 3.** Coefficient of variation (%) of sample mean for different sample sizes based on 2-hill×2-hill sampling unit.

| Character | First crop | | | | | | | Second crop | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2[a] | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Plant ht. (cm) | 2.11 | 1.72 | 1.49 | 1.33 | 1.22 | 1.13 | 1.06 | 2.25 | 1.84 | 1.59 | 1.42 | 1.30 | 1.20 | 1.12 |
| Panicle wt./plant (g) | 8.41 | 6.87 | 5.95 | 5.32 | 4.86 | 4.50 | 4.21 | 12.47 | 10.18 | 8.82 | 7.89 | 7.20 | 6.67 | 6.23 |
| No. of panicles/plant | 11.79 | 9.63 | 8.34 | 7.46 | 6.81 | 6.30 | 5.90 | 10.96 | 8.95 | 7.75 | 6.93 | 6.33 | 5.86 | 5.48 |
| Mean panicle length/plant (cm) | 2.16 | 1.77 | 1.53 | 1.37 | 1.25 | 1.16 | 1.08 | 2.25 | 1.83 | 1.59 | 1.42 | 1.30 | 1.20 | 1.12 |
| Wt. of filled grains/plant (g) | 8.62 | 7.04 | 6.10 | 5.45 | 4.98 | 4.61 | 4.31 | 13.20 | 10.78 | 9.34 | 8.35 | 7.62 | 7.06 | 6.60 |
| Total wt. of grains/plant (g) | 8.42 | 6.87 | 5.95 | 5.32 | 4.86 | 4.50 | 4.21 | 12.60 | 10.29 | 8.91 | 7.97 | 7.27 | 6.73 | 6.30 |
| No. of filled grains/plant | 8.68 | 7.09 | 6.14 | 5.49 | 5.01 | 4.64 | 4.34 | 12.65 | 10.33 | 8.95 | 8.00 | 7.31 | 6.76 | 6.33 |
| No. of unfilled grains/plant | 27.61 | 22.55 | 19.52 | 17.46 | 15.94 | 14.76 | 13.81 | 20.33 | 16.60 | 14.33 | 12.86 | 11.74 | 10.87 | 10.16 |
| Mean no. of spikelets/plant | 9.41 | 7.68 | 6.65 | 5.95 | 5.43 | 5.03 | 4.70 | 6.36 | 5.19 | 4.50 | 4.02 | 3.67 | 3.40 | 3.18 |
| % of filled grains | 4.40 | 3.59 | 3.11 | 2.78 | 2.54 | 2.35 | 2.20 | 4.97 | 4.06 | 3.51 | 3.14 | 2.87 | 2.65 | 2.48 |
| 1000-grain wt. (g) | 2.47 | 2.02 | 1.75 | 1.56 | 1.43 | 1.32 | 1.24 | 2.73 | 2.23 | 1.93 | 1.73 | 1.57 | 1.46 | 1.36 |
| Wt. of filled grains/panicle wt. (%) | 1.67 | 1.37 | 1.18 | 1.06 | 0.97 | 0.89 | 0.84 | 2.42 | 1.98 | 1.71 | 1.53 | 1.40 | 1.29 | 1.21 |

a. No. of 2-hill×2-hill sampling units per plot.

對一期作而言，除產量外，以相鄰四株爲一取樣單位，若在每試區內逢機選取3個取樣單位（共12株），則對各性狀之準確程度已大體都能兼顧。穗數，每穗穎花數，結實率，千粒重等產量構成要素之變異已相當小（變異係數值在2.02%至9.63%之間）。二期作時，設仍以相鄰四株爲取樣單位，若在每試區中逢機選取4個取樣單位（共16株）則各性狀之準確程度即大致與一期作相似，對較重要之4個產量構成要素，其變異係數值在1.93%至7.75%之間，可謂相當準確。

綜論一、二期作，水稻田間試驗之試區取樣，若以相鄰四株（2株×株×）爲一取樣單位，而在每一試區內逢機選取3到4個取樣單位組成一樣品作爲試區估值，則對各重要農藝性狀之準確程度大體已都能兼顧。

### （四）實粒重與其他性狀之相關

各性狀間之相關列於表4，其中上三角（upper triangle）部分爲一期作，下三角（lower

triangle）部分爲二期作。爲避免混合作用（blending effect），故所有相關皆以單株觀測値計算，而不以各種取樣單位下之平均値計算。由表中發現實粒重與穗重、穗數及實粒數之相關極高（0.74到0.99），與所謂産量構成要素如每穗穎花數，結實率，及千粒重等「導出性狀」（derived character）之相關反而很小（-0.04到0.38），且一、二期作均有此現象。因本研究所採之樣品甚大，故表4中實粒重與前述導出性狀之相關，有些在統計上亦達顯著水準，但實際應用上却無甚大價値。理論上實粒重應由穗數，每穗穎花數，結實率及千粒重等4個要素（components）所完全決定，但實際上此4個構成要素中除穗數外，其餘3個性狀皆非直接測量而來，如每穗穎花數是以總粒數（包括實粒與空粒）除以穗數而得；結實率是以實粒數除以總粒數而得；千粒重是以實粒重除以實粒數而得，因此將其稱爲「導出性狀」。由於4個産量構成要素皆互相關連而非彼此獨立測量而來，故雖然實粒重與穗數、實粒數、總粒數等性狀之相關很高，但不一定與前述導出性狀也有很高之相關，甚至相

**表4.** 實粒重與其它性狀之相關（上三角部分爲一期作，下三角部分爲二期作）

**Table 4.** Correlation coefficients among weight of filled grains and other characters in the first (upper trangle) and the second (lower triangle) corp

| | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | $X_6$ | $X_7$ | $X_8$ | $X_9$ | $X_{10}$ | $X_{11}$ | $X_{12}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_1$[a] | | 0.393 | 0.229 | 0.281 | 0.389 | 0.399 | 0.386 | 0.227 | 0.200 | −0.030 | 0.049 | 0.077 |
| $X_2$ | 0.503[b] | | 0.763 | 0.207 | 0.992 | 0.997 | 0.969 | 0.267 | −0.032 | 0.221 | 0.155 | 0.181 |
| $X_3$ | 0.350 | 0.837 | | −0.189 | 0.739 | 0.761 | 0.721 | 0.479 | −0.534 | −0.106 | 0.106 | −0.016 |
| $X_4$ | 0.243 | 0.205 | −0.178 | | 0.212 | 0.205 | 0.211 | −0.050 | 0.516 | 0.173 | 0.053 | 0.125 |
| $X_5$ | 0.508 | 0.994 | 0.810 | 0.215 | | 0.997 | 0.968 | 0.182 | −0.038 | 0.304 | 0.190 | 0.296 |
| $X_6$ | 0.509 | 0.997 | 0.833 | 0.207 | 0.998 | | 0.971 | 0.256 | −0.030 | 0.234 | 0.160 | 0.238 |
| $X_7$ | 0.487 | 0.983 | 0.831 | 0.182 | 0.985 | 0 986 | | 0.259 | 0.063 | 0.242 | −0.057 | 0.225 |
| $X_8$ | 0.260 | 0.523 | 0.715 | −0.038 | 0.463 | 0.513 | 0.503 | | 0.046 | −0.843 | −0.279 | −0.588 |
| $X_9$ | 0.309 | 0.299 | −0.148 | 0.691 | 0.311 | 0.304 | 0.328 | 0.106 | | −0.018 | −0.384 | −0.022 |
| $X_{10}$ | 0.137 | 0.267 | −0.069 | 0.220 | 0.332 | 0.280 | 0.294 | −0.634 | 0.179 | | 0.274 | 0.745 |
| $X_{11}$ | 0.272 | 0.352 | 0.154 | 0.273 | 0.381 | 0.362 | 0.225 | −0.066 | 0.028 | 0.321 | | 0.313 |
| $X_{12}$ | 0.207 | 0.270 | 0.066 | 0.185 | 0.368 | 0.328 | 0.318 | −0.298 | 0.189 | 0.660 | 0.448 | |

a $X_1$=Plant ht. (cm)
$X_2$=Panicle wt./plant (g)
$X_3$=No. of panicles/plant
$X_4$=Mean panicle length/plant (cm)
$X_5$=Wt. of filled grains/plant (g)
$X_6$=Total wt. of grains/plant (g)
=No. of filled grains/plant
$X_8$=No. of unfilled grains/plant
$X_9$=Mean no. of spikelets/plant
$X_{10}$=% of filled grains
$X_{11}$=1000-grain wt. (g)
$X_{12}$=Wt. of filled grains/panicle wt. (%)

b. 5% and 1% significant correlation coefficients are 0.198 and 0.261 respectively.

關很低。因此作選拔（selection）或作產量預測（prediction）時應以4個要素之乘積作指標，而不能以個別要素為對象。

由表4中可發現不論在第一、二期作，實粒重與穗數之相關均極高，分別為0.74與0.81，此點或許可利用於單位面積之產量預測。因與實粒重有高相關之穗重、穗數及實粒數中只有穗數是可以早期決定且大量測量之性狀。

## 結論

取樣方法的適當與否直接影響到試驗結果的準確性。一般田間試驗皆是在有限的人力、經費與時間下進行，如何在這些限制條件下經濟有效的獲得有用的資料，端賴良好的試驗設計與取樣方法。

本文探討在不同期作下，水稻重要農藝性狀之適當取樣單位及樣品大小。結果發現除產量外，相鄰四株（2株×2株）之取樣單位可應用於一期作，而相鄰四株（2株×2株）或相鄰六株（2株×3株）之取樣單位可應用於二期作。至於樣品大小在一期作時每試區內取3個取樣單位已足夠，二期作時每試區取4個取樣單位較準確。由本研究之結果可發現，由於不同農藝性狀各有其變異性（variability）故對某一性狀最合適之取樣單位與樣品大小往往並不適用於其它性狀，而實際操作上又不便給予每一性狀一種取樣單位及樣品大小，因此前述所建議之取樣單位及樣品大小可視為權衡各性狀後的一種折衷；對變異性較大或較重要之性狀，則取樣單位內之每一植株均予測量，對變異性較小的性狀則僅測量取樣單位內之一或二株即可。

田間試驗中，雖然試驗者皆力求使試驗內之植株表現儘可能相同，但由本研究結果可知試區內之植株仍有一定之變異性，此種變異性之來源除植株本身之固有變異（inherent variability）外，尚有土壤變異，邊際影響（border effect），缺株影響（missing plant effect），肥料施用的不均勻，病蟲害及其它不當田間管理工作所引起的偏性因素，試驗者除應盡力控制上述偏性因素外，尚應盡可能在試區內以逢機方法取樣，以使可能導入試驗結果之偏性因素能有機會互相抵消。

## 引用文獻

1. Chang, T. T. and E. A. Bardenas 1965. The morphology and varietal characteristics of the rice plant. Technical Bulletin 4, IRRI, Los Banos, Philippines.
2. Falconer, D. S. 1960. Introduction to quantitative genetics. The Ronald Press, New York.
3. Gomez, K. A. 1972. Techniques for field experiments with rice. IRRI, Los Banos, Philippines.
4. Steel, R. G.D.and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. 2nd Ed., McGraw-Hill, Inc., New York.

# Studies on Sampling Method of Rice Agronomic Characters.

## I. Comparison between Crops*

C. Liu, H. Ho and S. H. Tsao

*Department of Agronomy*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Wufeug, Taichung, Taiwan 431*
*Repablic of China*

## Summary

This paper investigated the appropriate sampling unit and sample size, under plot sampling, for various agronomic characters of rice. Using Tainung 67 as experimental variety, 12 agronomic characters including grain weight and yield components were measured for the second crop of 1981 and for the first crop of 1982. Analyses performed were (1) variability comparison among and within the sampling units, (2) effects of the size of sampling unit, (3)effects of the smple size and (4) the relationship between yield components and the weight of filled grains.

Data revealed that variation within individual sampling units was always larger than that among different sampling units. Furthermore, the difference between sampling units ware also highly significant for both crops and all measured characters, indicating that some sort of variation existed among plants within the same plot. Excepting yield, 4 adjacent hills (2-hill×2-hill) should be counted as a sampling unit for the first crop, and either 4 adjacent hills (2-hill×2-hill) or 6 adjacent hills (2-hill×3-hill) should be used for the second crop. A sample size of 3 sampling unit for the first crop and 4 sampling units for the second crop are considered appropriate. The selection of sampling units should be random whenever possible in order to cancel out any potential bias associated with the experimental results.

The weight of filled grains correlated closely with the number of panicles per hill (0.74 for the first and 0.81 for the second crop). However, there was very little correlation with such "derived" yield components as the number of spikelets per panicle, % of filled grains, and the 1000-grain weight. Therefore, the product total of the four yield components, rather than any derived one should be used as an index in making selections or predicting yield.

---

* Supported by a grant 1982-4.1-47 (2—4) from Council for Agricultural planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 病害與蟲害研究

臺灣省農業試驗所特刊第16號第217—222頁（1984）


# 水稻不稔症發生主因之探討（II）*

羅幹成、簡錦忠、何琦琛

臺灣省農業試驗所

## 摘要

在盆栽臺南5號水稻上接種消毒稻細蟎，未消毒稻細蟎及稻葉鞘腐敗病菌。接有稻細蟎之處理均能產生標準之水稻不稔症病徵，接葉鞘腐敗病菌者則否。稻細蟎處理組水稻之不稔率、穗頸扭曲度、穗重、粒重及穗頸長等均顯著劣於葉鞘腐敗病菌處理組及對照組。

分析不同生育期中水稻各部之可溶性蛋白質濃度、氮素含量及非結構性醣含量，發現稻細蟎處理組均與其他組有差異，尤其非結構性醣顯示水稻營養輸導在葉鞘部遭受障礙，此可能爲水稻不稔症之主要機制。

此試驗亦證明稻細蟎在水稻不稔症中占主要的地位。

## 前言

水稻不稔症發生後，被害水稻上發現高密度稻細蟎，同時亦均罹患葉鞘腐敗病。Gutierrez(1967) 最早於馬拉加西發現稻細蟎爲害水稻，並引起水稻穗頭扭曲及不稔；Jeppson *et al.* (1975)記載多種細蟎在取食時分泌有毒物質，對植物引起諸多不利反應；李氏等（1977）證實稻細蟎確能直接爲害水稻；周氏等（1976）更以稻細蟎接種水稻，成功地引發不稔症；而方氏（1978）、黃氏等（1977）、羅氏等（1979）及 Chen *et al.* (1979)亦均認爲稻細蟎爲引起稻不稔症之主因；羅氏等（1979）更發現水稻每穗含細蟎率與不稔率，每分蘗蟎數與不稔率及每分蘗蟎數與每穗含蟎率均呈極顯著正相關；而穗頸長與不稔率，穗頸長與每分蘗蟎數，分蘗數與每穗含蟎率，穗重與每穗含蟎率，穗重與每分蘗蟎數及分蘗數與每分蘗蟎數均呈顯著負相關；然謝氏等（1977）證實本省各地所採之不稔症病株上細蟎體表平均粘附有23個葉鞘腐敗病的分生孢子，故他們認爲若要證明稻細蟎是否能引起不稔症，宜先飼養無菌之稻細蟎，供爲接種源。本研究爲針對此點而作之試驗，以探討水稻不稔症之成因。

## 材料與方法

以 1/2000a 之栽培盆種植臺南5號水稻，爲試驗材料。試驗共5處理，3重覆，每重覆10盆水稻。東西向分三排並列，罩以網籠，網籠僅東西向爲紗網通風。5處理分別說明如下：

一、稻細蟎處理組（M）：水稻於分蘗盛期（挿秧後第27天）取人工繁殖之稻細蟎，以1%次氯酸鈉溶液浸漬1分鐘殺菌，而後接入水稻中，每盆水稻接入成蟎約500頭，此後每星期施用50% Bavistin W. P. 1000倍稀釋液1次，以防稻葉鞘腐敗病菌之感染。

二、稻細蟎和稻葉鞘腐敗病處理組（M+F）：稻細蟎不經殺菌處理，與上處理同時同量接入水稻，全期不施殺菌劑及殺蟎劑。

三、葉鞘腐敗病第1處理組（$F_1$）：780倍顯微鏡下每視野含有30個分生孢子濃度之稻葉鞘腐敗病菌孢子懸浮液，和上2處理同時注射入水稻，每分蘗注射 1ml。挿秧後第74天，再注射各重覆之中央4盆水稻，每分蘗 1ml。自第一次注射起，每2星期施用 Endrin 19.5% E. C. 500 倍稀釋液，以防稻細蟎之侵入。

*行政農院業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產—080（3—3）

四、稻葉鞘腐敗病菌第2處理組（$F_2$）：同$F_1$組，僅注射時間改爲孕穗期（插秧後第52天）注射。

五、對照組（CK）不接菌和蟎，每星期施用Bavistin 1次，每2星期施用 Endrin 1次，以防稻葉鞘腐敗病菌和稻細蟎之感染和侵入。

於水稻抽穗時剪取各重覆中央4盆，每盆1分蘖，調查稻細蟎數，收穫時調查中央4盆各分蘖之不稔率、穗頸扭曲度、穗重、千粒重、穗頸長。

在分蘖盛期、孕穗期、抽穗期、乳熟期、糊熟期、黃熟期分別調查葉片中之可溶性蛋白質濃度和氮素含量，稻桿和葉鞘以及稻穗中之氮素含量和非結構性醣含量。

每次在每小區內採取全株水稻四株，經水洗後，分葉片、稻桿和葉鞘及稻穗三部分，樣品置於100°C 通風乾燥箱內二小時後，再以 70°C 乾燥24小時，烘乾之水稻樣品經測定乾物重後，再使用40目篩以 Wiley mill 磨粉，供化學分析用。非結構性醣之測定依照Smith (1969) 法進行，氮素依semi-micro kjeldahl 法測定；而可溶性蛋白質則根據 Lowry *et al.* (1951) 之方法分析。

## 結　果

各不同處理之稻細蟎數及水稻農藝性狀列於表1，其中以稻細蟎處理組每分蘖蟎數最高，不稔率及穗頸扭曲度亦最高，而穗重、千粒重及穗頸長則爲最輕或最短；而稻細蟎和葉鞘腐敗病菌處理組蟎數較稻細蟎處理組低一倍以上，不稔率和穗頸扭曲度較低，而穗重、千粒重及穗頸長則較重或長；葉鞘腐敗病菌第一處理組，亦含少量稻細蟎，不稔率僅爲11%，穗頸扭曲度低，然而穗重及穗頸長減低甚爲顯著，然千粒重並未顯著減輕；稻葉鞘腐敗病菌第二處理組除穗頸扭曲度與對照組呈顯著差異外，餘均無顯著差異。

不同處理中可溶性蛋白質（soluble protein）濃度，氮素（nitrogen）含量及非結構性醣（non-structural carbohydrates）含量在水稻各生育期之變化如表2，3及4。水稻葉片內可溶性蛋白質濃度，稻細蟎處理組及稻細蟎和葉鞘腐敗病菌處理組在分蘖盛期較葉鞘腐敗病菌處理組及對照組爲低，孕穗期至乳熟期則各處理組間均無顯著差異，然糊熟期後，在稻細蟎處理組及稻細蟎和稻葉鞘腐敗病菌處理組之葉片內含較高濃度之可溶性蛋白質，尤其至黃熟期更趨明顯，其可溶性蛋白質在葉片內之濃度超過稻葉鞘腐敗病菌處理組及對照組之濃度之50%左右。氮素在葉片、稻桿和葉鞘及稻穗之含

表1. 各處理中含稻細蟎及葉鞘腐敗病菌對水稻農藝性狀之影響

**Table 1.** Influence of *S. spinki* and *S. oryzae* on 5 agronomic characters of rice plant.

| 處理<br>Treatment | 每分蘖蟎數<br>No. mites/tiller | 不稔率(%)<br>Sterility (%) | 穗頸扭曲度*<br>Degree of twisted panicle neck | 穗重(gm)<br>Panicle weight | 千粒重(gm)<br>1,000 grains weight | 穗頸長(cm)<br>Length of panicle neck |
|---|---|---|---|---|---|---|
| M | 7,750a | 55a | 1.33a | 1.5c | 12.6b | 31.7d |
| M+F | 3,049b | 37b | 0.88b | 2.0b | 15.8b | 34.9cd |
| $F_1$ | 75c | 11c | 0.12c | 2.1b | 20.7a | 37.4bc |
| $F_2$ | 9c | 9c | 0.08c | 2.8a | 22.6a | 41.0ab |
| CK | 5c | 8c | 0.04d | 3.1a | 21.5a | 43.8a |

表內橫列各欄數字右方英文字母乃根據鄧肯氏多種變域測驗法所得1%顯著度之標準。

*穗頸扭曲度分爲五級，該欄每一數據爲20支之平均結果：

0級：無扭曲，　1級：微扭曲，可由手指觸覺而知，　2級：輕微扭曲，視覺可辨，

3級：中度扭曲，　4級：强烈扭曲。

表2. 不同生育期中各處理間水稻葉片內可溶性蛋白質之濃度（mg/g. f. w.）

**Table 2.** Concentration of soluble protein (mg/g. f. w.) in leaf blade of rice plants subjected to various mite and fungal treatments

| 部位 Fraction | 處理 Treatment | 生育期 Developmental Stage | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 分蘖盛期 Maximum Tillering | 孕穗期 (near) Booting | 抽穗期 Heading | 乳熟期 Milky | 糊熟期 Hard Dough | 黃熟期 Full Ripe |
| 葉片 Leaf Blade | M | 29.5 | 18.8 | 20.0 | 18.0 | 17.0 | 14.9 |
| | M+F | 30.5 | 21.0 | 22.1 | 20.1 | 18.9 | 16.3 |
| | F−1 | 35.0 | 22.2 | 19.4 | 20.7 | 15.6 | 10.2 |
| | F−2 | — | 18.2 | 21.3 | 18.8 | 15.1 | 12.2 |
| | CK | 34.0 | 20.6 | 22.8 | 22.4 | 16.5 | 11.2 |

量亦有如可溶性蛋白質相似之變化。至於非結構性醣含量在四處理組中，分蘖盛期至抽穗期均無顯著差異，至乳熟期，稻細蟎處理組之非結構性醣含量在稻桿和葉鞘部有顯著上升之勢，其他三處理組者則無顯著差異。然至糊熟期之後，稻細蟎處理組及稻細蟎和葉鞘腐敗病菌處理組之非結構性醣含量仍

表3. 不同生育期中各處理間水稻各部之氮素含量（%，乾物）

**Table 3.** Nitrogen concentration (%, dry basis) in different tissue fractions of rice plants subjected to various mite and fungal treatments

| 部位 Fraction | 處理 Treatment | 生育期 Developmental Stage | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 分蘖盛期 Maximum Tillering | 孕穗期 (near) Booting | 抽穗期 Heading | 乳熟期 Milky | 糊熟期 Hard Dough | 黃熟期 Full Ripe |
| 葉片 Leaf Blade | M | 3.86 | 3.18 | 2.73 | 2.57 | 2.19 | 2.03 |
| | M+F | 3.83 | 3.35 | 2.44 | 2.65 | 2.15 | 1.97 |
| | F−1 | 3.86 | 3.23 | 2.65 | 2.59 | 2.00 | 1.67 |
| | F−2 | — | 2.99 | 2.49 | 2.28 | 2.11 | 1.95 |
| | CK | 3.93 | 3.14 | 2.94 | 2.90 | 2.18 | 1.67 |
| 稻桿和葉鞘 Culm+ Leaf Sheath | M | 1.60 | 1.13 | 0.81 | 0.82 | 0.84 | 0.79 |
| | M+F | 1.55 | 1.23 | 0.95 | 1.02 | 0.86 | 0.67 |
| | F−1 | 1.60 | 1.22 | 0.64 | 0.66 | 0.71 | 0.61 |
| | F−2 | — | 1.06 | 0.69 | 0.67 | 0.74 | 0.58 |
| | CK | 1.80 | 1.24 | 0.85 | 0.84 | 0.75 | 0.59 |
| 稻穗 Panicle | M | — | — | 1.36 | 1.41 | 1.45 | 1.52 |
| | M+F | — | — | 1.44 | 1.34 | 1.36 | 1.34 |
| | F−1 | — | — | 1.27 | 1.35 | 1.13 | 1.07 |
| | F−2 | — | — | 1.30 | 1.16 | 1.07 | 1.17 |
| | CK | — | — | 1.43 | 1.26 | 1.21 | 1.03 |

表4. 不同生育期中各處理間水稻各部非結構性醣含量（%，乾物）

**Table 4.** Concentration of total non-structural carbohydrates (%, dry basis) in different tissue fractions of rice plants subjected to various mite and fungal treatments

| 部位 Fraction | 處理 Treatment | 生育期 Developmental Stage | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 分蘗盛期 Maximum Tillering | 孕穗期 (near) Booting | 抽穗期 Heading | 乳熟期 Milky | 糊熟期 Hard Dough | 黃熟期 Full Ripe |
| 稻桿和葉鞘 Culm + Leaf Sheath | M | 5.14 | 14.22 | 19.13 | 27.70 | 27.50 | 35.40 |
| | M+F | 6.78 | 12.10 | 18.30 | 18.94 | 12.27 | 31.36 |
| | F－1 | 5.11 | 11.34 | 18.71 | 19.91 | 3.84 | 16.78 |
| | F－2 | — | 12.34 | 20.40 | 14.63 | 2.16 | 15.10 |
| | CK | 5.20 | 13.65 | 19.39 | 17.37 | 5.32 | 17.22 |
| 稻穗 Panicle | M | — | — | 5.22 | 25.69 | 29.84 | 37.43 |
| | M+F | — | — | 6.37 | 31.65 | 42.95 | 50.62 |
| | F－1 | — | — | 5.55 | 36.75 | 51.60 | 70.28 |
| | F－2 | — | — | 5.74 | 48.23 | 57.03 | 69.56 |
| | CK | — | — | 5.88 | 36.70 | 50.19 | 68.49 |

保持相當高貯集，而稻葉鞘腐敗病菌處理組及對照組之非結構性醣含量大爲減少。至黃熟期，稻細蟎處理組及稻細蟎和葉鞘腐敗病菌處理組之非結構性醣有更高之貯集量，較稻葉鞘腐敗病菌處理組及對照組者高出一倍左右。反之在稻穗內，抽穗期之非結構性醣在四處理中無明顯差異，至乳熟期開始在稻細蟎處理組及稻細蟎和葉鞘腐敗病菌處理組之非結構性醣之含量漸趨下降，而葉鞘腐敗病菌處理組及對照組之非結構性醣含量則漸趨上升，至黃熟期其間差異愈趨明顯在40—90%之間。

## 討　　論

接稻細蟎1個月以後，自M組水稻採回之稻細蟎又逐漸帶有葉鞘腐敗病菌，因而使本試驗遭遇困難，無法獲得百分之百之絕對結論。

4處理組中，M組及 M+F 組均獲得標準之不稔症病徵，但在 M+F 組中，蟎數較 M 組少一倍以上，其間差異之原因可能在 M+F 組中，由於葉鞘腐敗病菌之寄生，使稻細蟎之營養受到限制使然。$F_1$ 及 $F_2$ 組均不能獲得此標準病徵。

自表1中可見，稻細蟎在水稻上之密度與不稔率和穗頸扭曲度成正相關，而與穗重、粒重及穗還長成負相關。各處理中，M 及 M+F 組之水稻，各農藝性狀均較其他處理爲劣，特別在不稔率上尤爲明顯。

分析不同生育期中水稻各部之可溶性蛋白質濃度、氮素含量及非結構性醣含量，均受到影響。尤其非結構性醣含量最爲顯著。抽穗以後，在稻桿及葉鞘中稻細蟎處理組（M 及 M+F 組）非結構性醣含量顯著高於未接稻細蟎組（$F_1$, $F_2$ 及 CK 組），而在稻穗中則反是。顯示稻細蟎處理組中，非結構性醣之輸往穀粒之過程發生障礙，因而形成不充實穀粒及夭實米。此可能爲稻細蟎爲害水稻引起不稔症之主要機制。

綜合本試驗所得，可發現若僅防治葉鞘腐敗病似對水稻不稔症無若何功效，但若能防治稻細蟎即不會發生不稔症。故稻細蟎在水稻不稔症上之重要性已可肯定。

## 致　　謝

文中有關水稻可溶性蛋白質，氮素及非結構性醣之含量，均由本所農藝系生理研究室劉大江博士及黃定鼎先生幫忙測定，特此致謝。

## 參考文獻


1. 方新政。1978. 水稻不稔症與稻細蟎關係研究。臺灣農業季刊14：88—98。
2. 李天彻、周延鑫。1977・稻細蟎爲害水稻之證據。科學發展月刊5：960—963。
3. 周延鑫、李天彻、鄔宏潘、謝克昌、王重雄。1976・二期水稻之蟎害調查。科學發展月刊4：38—43。
4. 黃讚、劉玉章、葉金彰、關崇智。1977・稻細蟎爲害調查初報。臺灣農業季刊13：49—63。
5. 謝式坪鈺、梁文進、張世英。1977・水稻不稔症原因之探討(一)葉鞘腐敗病與不稔症之關連初報。植保會刊19：30—36。
6. 羅幹成、何琦琛。1977・稻細蟎爲害水稻之初步觀察。科學發展月刊5：274—284。
7. 羅幹成、何琦琛。1979・稻細蟎之生態觀察。中華農業研究28：181—192。
8. 羅幹成、何琦琛。1979・水稻不稔症原因初步探討。中華農業研究28：193—198。
9. Chen, C. N., C. C. Cheng, and K. C. Hsiao. 1979. Bionomics of *Steneotarsonemus spinki* attacking rice plants in Taiwan. Rec. Advan. Acarol. 1：111-117.
10. Gutierrez, R. O. 1967. *Steneotarsonemus madecassus* n. sp.agent d'une deformation des panicle de riz a Madagasca (Acarina：Tarsonemidae). Bull. Soc. Entomol. France72：323-330.
11. Jeppson, L. R., H. H. Keifer and E. W. Baker 1975. Mites injurious to economic plants. Univ. Calif. Press, Berkeley. p. 92.
12. Lowry, O. H., M. J. Rosegrough, A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin-phenol reagent. J. Bol. Chem. 193：265-275.
13. Smith, D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agric. Exp. Sta. Rep. 41, 11pp.

# Studies on the Cause of the Empty Rice Grains in Taiwan(II)*

K. C. Lo, C. C. Chien and C. C. Ho

*Departments of Applied Zoology and Plant Pathology*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Wufeng, Taichung, Taiuan 431*
*Republic of China*

## Summary

Rice plants of cultivar Tainan No. 5 were planted on 1/2,000a pots and were subjected to treatments of sterilized rice tarsonemid mites, unsterilized rice tarsonemid mites, or rice sheath rot fungus. Typical symptoms of empty grains (sterility) were induced on plants infested with rice tarsonemid mites but not on those infested with sheath rot fungus. The number of mites per tiller, sterility, panicle weight, average grain weight, length of panicle neck and degree of twisted panicle neck of the tarsonemid mite infected rice plants were significantly different from those of the sheath rot fungus infested rice plants and those of the check plants. The concentrations of soluble protein, nitrogen and total nonstructural carbohydrates in various plant organs were analyzed at several development stages. The tarsonemid mite infested rice plants were notably different from the others, especially in their total nonstructural carbohydrate content. This might be the important mechanism of the rice sterility. The implication of the rice tarsonemid mites in causing the empty grains of rice can be certified by this experiment.

*Supported by a grant 1980-5.1-080 (3—3) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

臺灣省農業試驗所特刊第16號第223—228頁（1984）


# 水稻不稔症之病因：

# 無鞘腐病菌之長毛細蟎與水稻不稔症發生之關係*

梁　　文　　進

國立屏東農業專科學校植物保護科

## 摘　　要

水稻不稔症是因水稻葉鞘腐敗病菌（*Acrocylindrium oryzae* Sawada）及長毛細蟎（*Steneotarsonemus spinki* Smiley）的協力作用（synergism）之結果。雖然水稻葉鞘腐敗病菌主要造成水稻的褐化及穀粒的不稔，而長毛細蟎對水稻的直接傷害很小，僅幫助葉鞘腐敗菌的傳播及感染，但水稻不稔症病徵確需要葉鞘腐破病菌及長毛細蟎共同存在才能表現的。

長毛細蟎孤雌生殖之雄蟎後代具有生殖能力，且能與其親代母蟎交尾，而使母蟎新產生的卵，所孵化出來的細蟎有雌雄蟎出現。

## 前　　言

水稻不稔症自民國65年第二期作，首先在臺南及高屏地區嚴重發生，並普及全省各地以後，四、五年來，水稻不稔症經多方面專家的觀察與研究，對水稻不稔症的爲害原因，提出許多的報告，尤其在不稔症的稻株上，發現葉鞘及穀粒內所寄生之長毛細蟎（*Steneotarsonemus spinki* Smiley）(原稱稻細蟎）（曾，1978；歐等，1977）之出現密度與水稻不稔症成正相關（周等，1976；陳，等1980；歐與方，1978；羅與何，1978），又長毛細蟎可直接吸取水稻體汁液，並破壞葉鞘內表皮（李與周，1977），因此長毛細蟎被認爲是水稻不稔症的爲害因子。但長毛細蟎體表，被發現常附着大量的水稻葉鞘腐敗病菌（*Acrocylindrium oryzae* Sawada）的分生胞子（謝等，1977），並且發現不稔症稻株上受害而褐變之葉鞘、莖部、稻穀、花器及米粒都有該病菌的寄生，而葉鞘腐敗病菌所引起之葉鞘腐敗病之病徵，雖與不稔症有些不同，但確實可造成水稻之不稔（陳與簡，1964；陳，1957）。因此不稔症眞正的病因是否是長毛細蟎，或水稻葉鞘腐病菌，或是兩者協力爲害，還須進一步證實。

筆者已發展出一種可以在室內飼養不帶葉鞘腐敗病菌之長毛細蟎之方法（梁，1980）。筆者即以此長毛細蟎來接種健全稻株，以究明不稔症之眞正原因。本文即是此試驗所得結果之報告。

## 材料與方法

### 一、水稻不稔症發生病因之探討：

（一）鉢栽水稻之準備：

1.以萬力（benomyl）1,000 倍稀釋液，消毒臺南五號稻種四小時，於 28°C 定溫箱中催芽三天，然後播種於大型培養皿中。育苗期間每一星期噴洒萬力1,000倍液一次。

2.於白色塑膠盆鉢（1/5,000a）內各盛壤土 4 kg，並以邁隆（basamid）1,000 倍稀釋液淋灌，密封七天。

3.以福馬林燻蒸網箱（50×50×125cm），該

* 行政院農業發展委員會補助計畫70農建—5.1—產—06（3—3）。

網箱三面爲40孔目之白塑膠網，其外面各加一透明塑膠布密封（因逢冬天），塑膠布最上面留 5cm 空隙以便通氣，另一面爲玻璃門。

4.將消毒過之塑膠盆鉢置於網箱內，再將稻苗移植入盆鉢內。

5.網箱及水稻全部置放在四樓頂上。

（二）無葉鞘腐敗菌之長毛細蟎之準備：

不帶葉鞘腐敗菌之長細蟎之飼養，其方法及飼養條件如前文所述（梁，1980），但飼養材料則改由水稻稻桿段，以取代葉鞘段，可獲得之細蟎數更多，且稻桿段不易老化，減少更換飼養材料之次數（梁與唐，1984）。

（三）接種處理：

於水稻分蘗初期分四種處理，每處理三網箱，每箱四盆鉢水稻爲一重複。

1.無菌細蟎組：用稻桿飼養之無菌雌細蟎接種於分蘗葉鞘內，每分蘗約20隻細蟎。

2.帶菌雄蟎組：只接種帶菌雄蟎，每分蘗約15隻雄蟎（分蘗後期追加接種一次）。

3.帶菌細蟎組：接種飼養之帶菌雌雄細蟎，每分蘗約20隻細蟎。

4.對照組：不接種細蟎及鞘腐病菌。

（四）結果調查：

於水稻抽穗期時先調查一次各處理水稻株之細蟎數（每盆鉢 2 稻株）。而後於黃熟時，再調查各處理水稻株細蟎數之數量，並以水稻葉鞘腐病菌之選擇性培養基（謝等，1977），分離細蟎及稻葉鞘，以確定各處理帶葉鞘腐敗病菌之情形。並調查不稔率病徵表現及穗重情形。

**二、長毛細蟎之孤雌生殖後代雄蟎生殖能力：**

（一）長毛細蟎之孤雌生殖後代雄蟎生殖能力鑑定：

將每隻可發育成雌蟎之靜止期細蟎，單獨在28°C 定溫箱培養於稻桿段內，俟其卵孵化成幼蟎，再發育成雄蟎後代後，將其雄蟎後代，移入新的稻桿段內與其他靜止期雌蟎共同飼養，然後觀察此共同飼養之雌雄蟎的後代族羣中，其雌雄蟎出現之情形。以確定孤雌生殖後代之雄蟎之生殖能力。

（二）長毛細蟎孤雌生殖後代之雄蟎與其親代交尾之可能性：

如前法，將靜止期雌蟎單獨飼養於稻桿段內俟其後代雄蟎出現，未移出而繼續與其親代共飼一起，等時間稍長後，觀察其再產出之卵孵化後發育成成蟎之雌雄性別如何？以瞭解孤雌生殖後代之雄蟎與其親代交尾的情形。

## 結 果

**一、水稻不稔症病之確定：**

以健全水稻分別單獨接種（a）無葉鞘腐敗病菌之長毛細蟎，（b）葉鞘腐敗病菌，（c）帶葉鞘腐敗病菌之長毛細蟎，以期明瞭各處理對水稻所引起之症狀及爲害情形。所得結果見表 1 及表 2 。

表1. 各處理稻株上細蟎數量與帶鞘腐病菌情形

**Table 1.** Number of tasonemid mites and rice-sheath-rot fungus detected from rice plants in various treatments

| 處理 Treatments | 帶蟎分蘗數／調查分蘗數（%） Tillers parasitized by mites/total tillers observed | 平均等蟎數／分蘗 Average number of mites/Tiller: 抽穗期 Heading stage | 黃熟期 Mature stage | 帶菌分蘗數／調查總分蘗數 Tillers infected by fungus/total tillers observed (%) |
|---|---|---|---|---|
| 無菌細蟎組 Fungus free mites | 100 | 675±103 | 772±113 | 8.3[1] |
| 帶菌雄蟎組 Rice-sheath rot furgus | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 帶菌細蟎組 Tasonemid mites+sheath rot fungus | 100 | 926±159 | 983±145 | 100 |
| 對照組 Check | 0 | 0 | 0 | 0 |

*a* 帶菌分蘗株都在一盆鉢內發現。

表2. 各處理稻株之穀粒不稔率，穗重，減產率及病徵

**Table 2.** Grain sterility, panical weight, yield reduction and syndrome on rice plants in various treatments.

| 處理 Treatments | 不稔率(%) Sterility | 平均穗重／20穗 (g) Average panicale weight/20 panicales | 減產率 Yield reduction (%) | 病徵 Syndrome |
|---|---|---|---|---|
| 無菌細蟎組 Fungus free mites | 30.14 a [2] | 28.03 a | 4.7 | 葉鞘表面無任何褐條斑或褐斑。褐色穀粒很少，與對照組相似。 |
| 帶菌雄蟎組 [1] Rice-sheath rot fungus | 69.05 b | 12.48 b | 57.45 | 非劍葉鞘表面有大塊褐斑，部分分蘗之劍葉鞘具有典型葉鞘腐敗病徵，而致稻穗無法抽出。褐色穀粒多。 |
| 帶菌細蟎組 Tasonemid mites+ sheath rot fungus | 62.07 b | 18.20 b | 31.18 | 葉鞘滿佈褐條斑，爲典型不稔症葉鞘病徵，褐色穀粒多。 |
| 對照組 Check | 21.51 a | 29.33 a | 0 | 稻株葉鞘無任何褐斑稻穗穀粒金黃色飽滿，褐色穀粒很少。 |

(1) 本處理部分分蘗出現典型葉鞘腐敗病，致使不稔率、減產率提高。

(2) 經 Duncan's MRT 法在 1 %顯著水準測驗結果，凡每一列英文字母相同者爲差異不顯者。

單獨之無鞘腐病菌長毛細蟎於分蘗初期接種到水稻上後，隨水稻成長而增加其細蟎數，到抽穗期時平均每蘗之細蟎數675隻，而到黃熟期則有772隻，這細蟎數已達民國67年臺南、屏東地區田間不稔症發生時細蟎之高峰期之蟎數（羅與何，1979），但此處理之稻株外表沒有任何病徵，與對照組相似，即葉鞘表面無任何褐條或褐斑，穀粒亦都飽滿，褐色受害穀粒極少，其不稔率爲 30.14%，與對照組的21.57%相差不多，而其每 20穗平均穗重幾與對照組相似，由此可推測，單獨之長毛細蟎無法造成水稻之明顯傷害。雖然長毛細蟎可直接吸食水稻汁液（李與周，1977），但却只能消耗微量之水稻營養物質，根本無法引起不稔症之病徵。

接種帶鞘腐病菌之雄蟎之處理，接種後數天雄蟎即死亡，只剩單獨水稻葉鞘腐敗病菌對水稻之爲害，其爲害狀是引起稻株葉鞘表面形成大塊褐斑，且部分分蘗（約佔30%）之劍葉鞘具典型葉鞘腐敗病斑，致使稻穗無法抽出。稻穗上褐色穀粒多，其不稔率竟可高達69%左右，穀穗之減產率高達57.45 %，由此可知，葉鞘腐敗病菌是造成稻株之葉鞘、穀粒褐色病徵形成及穀粒不稔的主要原因，可是單獨的葉鞘腐敗病菌，亦無法引起典型不稔症病徵。

同時接種鞘腐病菌與長毛細蟎的水稻稻株，其長毛細蟎之數目達到平均每分蘗 900隻以上，並引起典型不稔症症狀，葉鞘滿佈褐條斑，褐色穀粒多，不稔率在62%左右，而穗重減產率在 31.18%。

綜合所得之結果，葉鞘腐敗病菌是引起穀粒不稔減產之主因，且造成稻組織褐化，但單獨之鞘腐病菌却不能造成典型水稻不稔症之病徵。長毛細蟎僅消耗極微量之水稻營養，無法造成水稻明顯之傷害，却有携帶鞘腐菌（謝等，1977）增加該病菌之傳播，並造成傷口，以幫助該病菌之侵入。葉鞘腐敗病菌及長毛細蟎單獨對水稻爲害的角色雖已淸楚，但在引起水稻不稔症之功能上，可能還有目前仍未明瞭的作用存在，也就是說造成水稻不稔症，葉鞘腐敗病菌及長毛細蟎是缺一不可，因此水稻不稔症之表現是因葉鞘腐敗病菌及長毛細蟎的聯合效果，是爲兩者的協力作用（synergism）之結果。

## 二、長毛細蟎之孤雌生殖後代雄蟎生殖能力之意義：

將未受精之靜止期雌蟎，在 28°C 單獨飼養於

稻桿段內，其所產之卵可以孵化發育成雄蟎，乃此長毛細蟎具孤雌生殖，而其子代全部爲雄性的產雄生殖。若將雄蟎後代移入新的稻桿段內並與其他靜止期之雌蟎（未受精的）一齊飼養，則此雄蟎的後代族羣中，同時出現雌雄蟎，由此現象推測該雌蟎必須與孤雌生殖之後代雄蟎發生交尾受精，才有此雌雄蟎都產生的結果，同時亦證明了孤雌生殖之後代雄蟎具有生殖能力。

若孤雌生殖之後代雄蟎，不另挑出飼養，而繼續與親代母蟎一同共飼，則該後代的雌雄蟎之出現情形如表3，未受精靜止期之雌蟎單獨飼養後10天即先有雄蟎後代出現，直至18天還是只見其雄蟎後代，沒有雌蟎後代，這乃是該母蟎產雄孤雌生殖之結果。而19天以後就有雌蟎出現，且隨飼養期的延長，雌蟎數越增多，這說明孤雌生殖之後代雄蟎必與其親代母蟎交尾受精才有的結果。而在解剖顯微鏡下，確實可發現雄蟎雌部與親代雌蟎尾部相接，而頭部朝相反方向的交尾方式。

由此試驗結果暗示著單獨一隻未受精之雌蟎遷移到新的寄主稻株上，便可建立起一細蟎新族羣，這對長毛細蟎之傳播可能有所助益。

表3. 未受精靜止期長毛雌蟎單獨飼養之後代的雌雄蟎數

**Talbe 3.** Female and male progenies of unfertilized female quiescent mite reared in eath rice stem segment

| 後代 Progenies | 飼養天數 Rearing period (days) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 13 | 15 | 18 | 19 | 22 | 26 | 32 | 35 |
| 雄蟎 Male mites | 3 | 4 | 7 | 9 | 5 | 2 | 3.5 | 8.2 | 13 |
| 雌蟎 Female mites | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 5.5 | 5.3 | 4.7 |

## 討 論

水稻不稔症自民國65年大發生以來，許多的研究者即着手探討造成不稔症的病因。由於罹病稻株總是有大量長毛細蟎的棲息寄生，並感染葉鞘腐敗病菌，況且田間的長毛細蟎體表又是附着鞘腐病菌之分生胞子（謝等，1977），雖然鞘腐病菌可單獨爲害水稻，造成整穗抽不出來而引起重大損失（陳與簡，1964；陳，1957），可是却不能表現不稔症之症狀。而單獨長毛細蟎對水稻所造成的爲害，一直沒法確認，而導致水稻不稔症的眞正原因，拖延了四、五年還未確定。

梁（1980）首先發展出一種可以在室內大量飼養不帶葉鞘腐敗疾病菌之長毛細蟎方法，爲長毛細蟎單獨爲害水稻了解提供一解決之路徑，經過二年的試驗，證實了單獨的長毛細蟎對水稻不能造成明顯的傷害（表2），沒有特殊之病徵出現，雖然直接吸食了水稻的營養汁液（李與周，1977），可是對產量之影響却很微少（表2）這可推測長毛細蟎雖吸食一些光合作用產物，但因不能影響到葉部的光合作用，光合作用產物可繼續不斷地向穗部運輸（translocation），以充實穀粒。而葉鞘腐敗病菌感染後，首先引起葉鞘之褐腐，破壞維管組織之輸導功能，而導致水稻穀粒之不稔及充實不良（表2），影響產量至鉅。

由這些結果得知，造成水稻穀粒不稔及充實，可說是鞘腐病菌所致，但表現不稔症病徵，却又不能只依賴鞘腐病菌，且鞘腐病菌又不易以空氣傳播（謝等，1977），直接感染率低，一般要借助傷口感染（陳與簡，1964；簡，1980），而長毛細蟎雖對水稻直接爲害極小，可是因細蟎傳播而携帶鞘腐病菌之散播（謝等，1977），又細蟎吸食時所造成

之傷口，有幫助鞘腐病菌之感染（簡，1980）。不稔症病徵之表現，確實需要葉鞘腐敗病菌及長毛細蟎同時存在聯合作用所致，這可能存着另有一目前仍未明瞭的聯合效應，而助長不稔症病徵的形成，因此水稻不稔症可說是葉鞘腐敗病菌及長毛細蟎的協力作用（synerism）所引起的。

葉鞘腐敗病所造成單株稻株整穗無法抽穗而完全不稔，其損失往往比水稻不稔還嚴重（表２），但一般田間的葉鞘腐病發病率不高，對水稻產量上不造成嚴重損失。但因長毛細蟎的大量發生與葉鞘腐敗病菌的協力爲害，大面積的引起不稔症，致使水稻受害嚴重，不稔症之重要性也因此提高，今後在防除上不得不加予注意。

單一長毛細蟎雌蟎具孤雌生殖之產雄生殖，而其後代之雄蟎具有生殖能力，且能與其親代母蟎交尾，產生雌雄蟎都有的後代，而產生細蟎族羣（表３），這對長毛細蟎之傳播具有很大幫助，也就是在傳播方式上不必成對之雌雄蟎就能達到新族羣的建立。

## 引用文獻


1. 周延鑫、李天翊、鄔宏潘、謝克昌、王重雄。1976。二期水稻之蟎類調查。科學發展月刊４（11）：2870—2875。
2. 李天翔、周延鑫。1977。稻細蟎爲害水稻之證據。科學發展月刊５（11）：960—963。
3. 梁文進。1980。不帶水稻葉鞘腐敗病菌之長毛細蟎的室內飼養。植物保護學會會刊22：23—29。
4. 梁文進、唐立正。1984。長毛細蟎之生殖，發育及傳播。臺灣省農業試驗所特刊第16號。229—234。
5. 陳其昌、簡錦忠。1964。稻葉鞘腐敗病發生之觀察。農業研究13：39—45。
6. 陳秋男、程建中、蘇文瀛、何坤耀。1980。稻細蟎之生態與水稻不稔症之關係。植物保護學會會刊22：68—82。
7. 陳脉紀。1957。水稻葉鞘腐敗病之研究。農林學報６：84—102。
8. 曾義雄。1978。臺灣引起水稻不稔症細蟎及中名用語之商榷。植物保護學會會刊20（２）：175—176。
9. 歐榮東、方新政、曾義雄。1977。爲害水稻稻細蟎之研究。植物保護學會會刊19（１）：21—29。
10. 歐東榮、方新政。1978。稻細蟎爲害水稻及其傳播途徑之研究。科學發展月刊６（８）：773—779。
11. 謝式坪鈺、梁文進、張世英。1977。水稻不稔症原因之探討（Ⅱ）：葉鞘腐敗病菌與不稔症之關連初報。植護保護學會會刊19（１）：30—36。
12. 謝式坪鈺、、許美芳、梁文進。1980。水稻不稔症原因之探討（Ⅱ）：水稻葉鞘腐敗病菌之傳播與殘存及其對不稔症之關係。植物保護學會會刊22：41—46。
13. 羅幹成、何琦琛。1977。稻細蟎爲害水稻之初步觀察。科學發展月刊５：274—284。
14. 羅幹成、何琦琛。1979。稻細蟎之生態觀察。中華農業研究28：181—192。
15. 簡錦忠。1980。葉鞘腐敗病之研究及對不稔症發生關係。植物保護學會會刊22：31—39。

# Etiology of Rice Sterile Disease and Reproduction Ability of Parthenogenetic Male Progenies of the Rice Tarsonemid mite (*Steneotarsonemus spinki* Smiley)*

Wen-Jinn Liang

*Department of Plant Protection*
*National Pingtung Institute of Agriculture*
*Pingtung, Taiwan 900*
*Republic of China*

## Summary

The etiology of rice sterile disease was certainly proved that the disease was caused by synergic effects of rice sheath rot fungus, *Acrocylindrium oryzae* Sawada, and rice tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley.

Rice sheath rot fungus could primarily cause brown lessions and sterile grains and diseased rice plants. Although rice tarsonemid mites had a little damage on rice plants directly, the mites could carry the conidia of sheath rot fungus and help the fungus to infect rice plants. However, the syndrome appearance of rice sterile disease needed both rice sheath rot frungus and rice tarsonemid mites parasitize on rice plants togather.

The parthenogenetic male progenies of rice tarsonemid mite had the reproduction ability, and could fertilized with their mother generation. Therefore, the mother mite fertilized by parthenogenetic male progenies reproduced both male and female mites in her new progeny generation.

* Supported by a grant 1981-5.1-06 (3—3) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 長毛細蟎之生殖、發育及傳播*

梁 文 進、唐 立 正

國立屏東農業專科學校植物保護科

## 摘 要

水稻稻桿段做爲室內長毛細蟎飼養之材料，比葉鞘更容易獲得大量之細蟎，並能延緩材料之老化。長毛細蟎具有產雄生殖（arrhentoky）形式之孤雌生殖。溫度之高低，對長毛細蟎之發育及生殖有不同之影響；細蟎之卵到成蟎的發育全期，產卵前期，成蟎之壽命，常隨溫度之降低而延長。於 32、28、25、20、16°C 溫度下，發育全期分別爲 4 、5 、6 、7 、28、6 天，產卵前期分別爲 2 、2.5、5.6、8.5、21天。產卵期分別爲 8 、7.5、9.2、10、4 、22.0天，雌蟎之壽命一般較雄蟎爲長，其壽命分別爲10.8、10.8、15、20、40.5天，雄蟎之壽命分別爲 4 、4 、10、17、35天。在各種溫度下，細蟎之發育全期內幼蟎都比卵期或靜止期爲短。雌蟎之產卵數，則以高溫爲多，在 32、28、25、20、16°C 分別爲70.6、56.5、61.5、40及23.3個。一對細蟎之後代，其雌雄比率，亦以高溫爲高，在32、28、25、20、16°C 分別爲22/1、3.2/1、2.4/1、1.8/1、0.75/1。雨水能將病株之葉鞘內的長毛細蟎冲洗出來，有助於長毛細蟎之傳播。

## 前 言

水稻不稔症自民國65年第二期作在全省各地普遍發生以來，經多方面學者專家積極研究，對其爲害原因，提供許多可能的解言，如發現病株上葉鞘及穀粒內寄生的長毛細蟎（*Sterotarsonemus spinki* Smiley）之棲聚出現密度與水稻不稔率成正相關（周等，1976；曾，1978；歐等，1977；歐與方，1978；羅與何，1977）又長毛細蟎可直接吸取水稻體汁液，破壞葉鞘內表皮（李與周，1977），因此長毛細蟎被認爲是水稻不稔症的危害因子。但長毛細蟎體表上，常附著大量的水稻葉鞘腐敗病菌（*Acrocylindrium oryzae* Sawada）的分生胞子（謝等，1977），並且發現不稔症稻株上受害而褐變之葉鞘，莖部，稻穀，花器及米粒都有該菌的寄生（謝等，1979），而葉鞘腐敗病菌所引起的葉鞘腐敗之典型病徵，雖與不稔症有些不同，但該病菌確實可造成水稻之不稔現象（陳與簡，1964；陳，1957）。因此水稻不稔症眞正之病因是否長毛細蟎，或是水稻葉鞘腐敗菌，或是兩者共同協力爲害，都須進一步證實。有關此病症之眞正病因之探討，筆者已能由室內飼養獲得不帶葉鞘腐敗病菌之長毛細蟎（梁，1980），並正進行長毛細蟎單獨對水稻爲害情形之研究，加以求證之。

然筆者又認爲，此水稻不稔症之眞正原因雖未確定，但其病因乃不外長毛細蟎或葉鞘腐敗病菌，若葉鞘腐敗病菌是主要之病因，而其傳播亦可能受長毛細蟎之媒介（謝等，1977），因之水稻不稔症之嚴重發生，及將來防治都與長毛細蟎之生態有密切關係，因此，筆者亦同時利用已發展出來之飼養技術，精確地觀察長毛細蟎之生活史。長毛細蟎之成長發育中與濕度關係，筆者已發現其相對濕度必

*行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產—080（3—13）。

須在95%以上，其卵才能孵化（謝等，1977）。而整個發育及繁殖與溫度之關係，對羅與何（1979）曾提出報告，但其不同溫度只有 29°C及20°C 兩種，且各種溫度下最高最低相差達 6°C左右。

本文針對長毛細蟎之成長繁殖，在不同恒定溫度下所表現之情況及雨水對長毛細蟎傳播之影響的觀察提出報告，以供水稻不稔症防治及進一步研究之參考。

## 材料與方法

**一、長毛細蟎室內飼養方法之改良：**

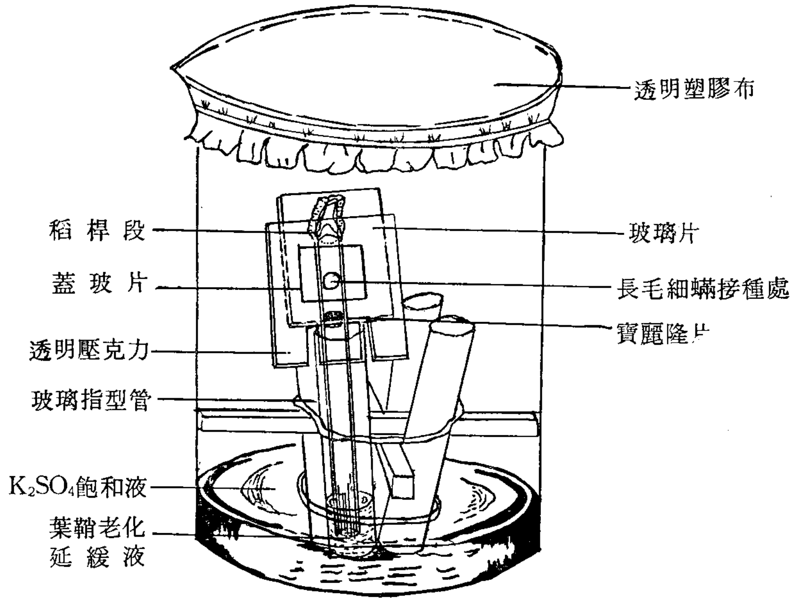
以一端具節的稻桿段 10—15cm，作稻細蟎飼養之材料，和筆者以前所發展之葉鞘段飼養（梁，1980）方法作比較。稻桿段及葉鞘段延緩老化與培養時之相對濕度的條件，完全與前法（梁，1980）相同。每段之葉鞘或稻桿內各以單根毛筆挑入 5 對細蟎，成對之細蟎是指雄蟎背負著將發育成雌蟎之靜止期為準。於 28°C 有日光燈（10W）照明之定溫箱中飼養11天後，在立體顯微鏡下，各計算10段葉鞘及稻桿內稻細蟎之數量。

**二、長毛細蟎之孤雌生殖：**

將每隻幼蟎期之細蟎單獨飼養於一葉鞘內，飼養條件及設置亦同於前項飼養於 28°C 之定溫箱中，每隔 2 ～ 3 天觀察一次，以記錄幼蟎發育為雌蟎後（若發育為雄蟎者，棄之不用），是否產卵，及所產之卵能否孵化，孵化後子代每一幼蟎則挑到葉鞘內，繼續觀察其成長後發育為雌蟎或雄蟎。

**三、溫度對長毛細蟎之發育及生殖之影響：**

利用與長毛細蟎之飼養設置（梁，1980）完全相同之條件，相對濕度都保持在95%以上。材料是取上端具節之稻桿（15—20cm），縱切為二，在每半片稻桿之上半段桿之背面用小玻璃片，桿之切開面，用打一小孔之透明壓克力片，夾住稻桿，然後由壓克力上之小孔挑入 1 對雌雄長毛細蟎，再用一蓋玻片，將該小孔密封（圖 1），然後分別移入 32、28、25、20、16°C 等具日光燈（10W）照明




圖一：長毛細蟎生活史觀察之簡易設置

**Fig. 1.** Apparatus for observation of the life history of *Steneotarsonemus spinki* Smilay

之定溫箱中飼養。在32、28、25、20的處理，每天 6：00、12：00、18：00、24：00 各觀察一次，16°C 者每天定時觀察一次。觀察其產卵期及產卵量，並劃下所產卵之相關位置圖。再記錄各卵到孵化所須時間。等幼蟎形成後，將幼蟎移到將的桿段飼養，再繼續觀察幼蟎至靜止期，靜止期至成蟎，

各所須之時間，並記錄所發育蟎為雌蟎或雄蟎。

**四、雨水對長毛細蟎傳播之影響：**

將塑膠盆缽（1/5,000a）栽培之不稔症病株整缽略微傾斜地高懸於大塑膠筒上，盆缽下面置一大型玻璃漏斗，漏斗內置一大張濾紙。另在塑膠筒上用一大塑膠片把盆缽以外之面積遮蓋，僅容盆缽內之溢出水能流入漏斗。然後將此設置在下雨時，移置四樓頂之洋台，讓雨水淋溉過稻株，而流入缽內再流入漏斗，如此每日調查一次漏斗內濾紙，以檢查長毛細蟎之數目。

## 結　　果

**一、長毛細蟎飼養之改良方法：**

用水稻稻桿和葉鞘做長毛細蟎飼養之材料的比較，由表1可得知，稻桿段更容易獲得大量之細蟎。即同時經過11天的飼養，5對雌雄蟎在稻桿段所產生長毛細蟎之卵、幼蟎及成蟎之總數可達324，比葉鞘段所得的90高出很多。以稻桿當飼養材料不但較易獲得高量之細蟎數，同時更能延緩飼養材料之老化。

表1. 長毛細蟎於稻桿段與葉鞘段內飼養11天之繁殖量

**Table 1.** Reproduction of the rice tarsonemid mite on the segments of rice stem and leaf sheath for 11 days at 28°C

| Materials | Rice stem segment | Leaf sheath segment |
|---|---|---|
| Total number of egg, larva and adult/segment | 324 | 90 |

**二、長毛細蟎具有孤雌生殖：**

單獨飼養幼蟎，讓各幼蟎發育成成蟎，可避免行受精作用，若所得為雌蟎，該雌蟎可以產生未受精之卵，所產生之卵亦都能孵化成幼蟎，而所有幼蟎則全部發育成雄蟎。由此結果得知，長毛細蟎具有孤雌生殖（parthenogensis），且是屬於產雄生殖（arrhenotoky）。

**三、溫度影響長毛細蟎之發育及生殖：**

在不同溫度下，長毛細蟎由靜止期觀察起，經成蟎，產卵前期，卵期，幼蟎期，靜止期，成蟎（雌及雄蟎），至成蟎死亡為止，各溫度均以15隻至20隻不等之細蟎完整之生活史的觀察值。所得之結

表2. 溫度對長毛細蟎之發育及生殖影響

**Table 2.** Effects of temperatures on the development and reproduction of *Steneotarsonemus spinki* Smiley

| 發育與生殖 Development and reproduction | 溫度 Temperature (C) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 32 | 28 | 25 | 20 | 16 |
| 卵期 Egg stage (day) | 2.4±0.7 | 2.7±0.3 | 2.9±0.2 | 3.2±0.9 | 16.0±0.8 |
| 幼蟎期 Larval stage (day) | 0.7±0.2 | 0.8±0.1 | 1.3±0.7 | 1.7±0.3 | 5.0±0.6 |
| 靜止期 Quiscent stage (day) | 1.1±0.3 | 1.6±0.2 | 1.8±0.2 | 2.2±0.3 | 7.7±0.5 |
| 發育全期（卵—成蟎） Development period (Egg—Adult) | 4.0±0.7 | 5.0±0.4 | 6.0±0.7 | 7.1±1.0 | 28.6±1.0 |
| 產卵前期 Preoviposition period (day) | 2.0±0.4 | 2.5±0.4 | 5.6±0.7 | 8.5±1.2 | 21.0±2.0 |
| 產卵期 Oviposition period (day) | 8.0±1.5 | 7.5±0.5 | 9.2±0.7 | 10.4±2.3 | 22.0±3.5 |
| 雌蟎壽命 Longevity of female (day) | 10.8±2.6 | 10.8±0.3 | 15.0±2.0 | 20.0±6.0 | 40.5±8.0 |
| 雄蟎壽命 Longevity of male (day) | 4.0±0.5 | 4.0±0.4 | 10.0±1.3 | 17.0±2.0 | 35.0±4.0 |
| 雌／雄比 Female/Male ratio | 22 : 1 | 3.2 : 1 | 2.4 : 1 | 1.8 : 1 | 0.75 : 1 |
| 雌蟎產卵數 Eggs/Female | 70.6±16 | 56.5±6.0 | 61.5±16 | 40.0±23 | 23.3±13 |

果如表2所示。長毛細蟎發育時間之長短受溫度影響期大，在 32—16°C 間，一般隨溫度降低而發育時間跟著延長。在32、28、25、20由卵至成蟎所需天數增爲4、5、6、7天，增加比較緩和，但在16°C 時則所需天數增爲28.6天。在各溫度下，發育全期中，幼蟎期都比卵期成靜止期爲短。雌蟎之產卵前期亦隨溫度降低而增長，在32、28、25、20、16°C 所需天數各爲2、2.5、5.6、8.5及 21天。若將發育期加上產卵前期，即由卵至雌蟎產卵，在 32、28、24、20°C 時，僅需6、7.5、11.6、15.5天，那在 16°C時，則長達50天之久。長毛細蟎之產卵期雖亦隨溫度降低而延長，如在32、28、24、20°C 各爲8、7.5、9、10.4 天，16°C 爲22天，但雌蟎平均產卵量，却以高溫爲多，如32、28、24、20°C 各爲 70、56.5、61.5、40 個，而 16°C 僅22.3個。一般長毛細蟎成蟎之壽命，雌蟎都比雄蟎爲長。低溫下之細蟎壽命，長於高溫者，如 32、28、24、20、16°C 時，雌蟎各爲 10.8、10.8、15、20、40.5天，而雄蟎各爲4、4、10、17、35天。一對長毛細蟎之所產後代之雌雄比率，亦隨溫度下降而減少，如 32、28、24、20、16°C 時，各爲 22：1、3.2：1、2.4：1：1.8：1及0.75：1。

**四、雨水對長毛細蟎之傳播：**

於69年4月間下雨天的試驗，讓雨水直接淋灌到缽栽之罹不稔症的稻株上，由溢出盆栽的雨水可收集到長毛細蟎之卵，幼蟎，雌蟎及雄蟎，其各天之總數量有18—8隻之不等，這些數量之不同可能跟下雨量大小有關，雨越大則細蟎流出可能越多。而所收集之細蟎乃具有活動性。由這結果可知，雨水可能對田間長毛細蟎具有傳播能力。

## 討 論

長毛細蟎可利用稻桿段爲材料於室內飼養，以獲得大量之長毛細蟎，亦可獲得高量不帶葉鞘腐敗病菌之長毛細蟎，以取代筆者前所發展之方法（梁，1980），得以單獨將此不帶葉鞘腐敗病菌之細蟎接種於健全稻株上，加速了解單獨之長毛細蟎對水稻之爲害情形，以確立不稔症眞正之原因爲鞘腐病菌，或長毛細蟎，或是兩者共同所造成之爲害。

長毛細蟎之大量室內飼養，並可加速進行長毛細蟎之生態研究，有效殺死長毛細蟎之藥劑的篩選，長毛細蟎之天敵的研究及利用，及水稻抗不稔症品種篩選。

雌雄異體的長毛細蟎不但能進行兩性生殖（bisexual reproduction），亦可單獨由雌蟎行產雄生殖之孤雌生殖。

由長毛細蟎生活史之觀察，其發育與生殖情形受溫度及濕度影響很大。其卵之孵化，相對濕度之必須高於 95 %方能進行，否則發育停頓（梁，1980）。而溫度又大大左右發育時期之長短，繁殖之數量，細蟎之壽命。如由卵至雌蟎產卵，在高溫32°C 僅需6天， 28°C 爲7.5天，而 16°C 則要50天，又高溫32及 28°C時每雌蟎之產卵量有70、56.5個，而 16°C 僅22個。這些可說明水稻在本省第二期之所以大量發生不稔症，主要與高溫加速長毛細蟎之大量繁殖及世代有關。而低溫雖然細蟎繁殖量少，世代時間長，但其壽命却比高溫時爲長，如 16°C時之雌蟎爲40.5天，雄蟎亦可達35天，這可能是冬天長毛細蟎能在再生稻上越冬（歐與方，1978；羅與何，1979）之緣故。溫度亦影響長毛細蟎之雌雄比率，在高溫時雌蟎產生的多，低溫則產反，這亦意味著，高溫有利於雌蟎大量生殖，而加速整個族羣的增大。

長毛細蟎之傳播，由本研究中亦得知，可藉由雨水而將稻株內細蟎洗下，並由田面流水流動而傳播，這可能是高屏地區在第二期水稻分蘖期，藉由每天午後雨量充沛之陣雨而傳播，使得大面積受害的原因之一。另田間每塊田發生不稔症嚴重之分佈，多由近田埂向中間蔓延爲普遍，這也可能即是雨水新細蟎由病株洗出後，多數浮游至田埂附近，然後先棲息寄生於田埂附近之稻叢所致。

本研究由長毛細蟎之飼養，生活史的探討，作一些基本之研究，藉此能助於加速證明水稻不稔症之眞正原因，及防治對策之研究，或有助於水稻不稔症之早日解決，提高水稻第二期之單位面積產量。

## 引用文獻

1. 周延鑫、李大鵬、鄒宏添、謝克昌、王重雄。1976。二期水稻之蟎類調查。科學發展月刊4(11)：2870—2875。

2. 李天翎、周延鑫。1977。稻細蟎爲害水稻之證據。科學發展月刊5(11)：960—963。
3. 陳其昌、簡錦忠。1964。稻葉鞘腐敗病發生之觀察。農業研究13：39—45。
4. 陳脉紀。1957。水稻葉鞘腐敗病之研究。農林學報5：84—102。
5. 曾義雄。1978。臺灣引起水稻不稔症細蟎之學名及中名用語之商榷。植物保護學會會刊20(2)：175—176。
6. 歐榮東、方新政、曾義雄。1977。爲害水稻稻細蟎之研究。植物保護學會會刊19(1)：21—29。
7. 歐榮東、方新政。1978。稻細蟎爲害水稻及其傳播途徑之研究。科學發展月刊6(8)：773—779。
8. 謝式坪鉦、梁文進、張世英。1977。水稻不稔症原因之探討：1.葉鞘腐敗病菌與不稔症之關連初報。植物保護學會會刊19(1)：30—36。
9. 羅幹成、何琦琛。1977。稻細蟎爲害水稻之初步觀察。科學發展月刊5(4)：274—284。
10. 羅幹成、何琦琛。1979。稻細蟎之生態觀察。中華農業研究28(3)：181—192。
11. 梁文進。1978。不帶水稻葉鞘腐敗病菌之長毛細蟎的室內飼養。植物保護學會會刊22：23—29。

# The Development, Reproduction and Transmission of the Rice Tarsonemid Mite (*Steneotarsonemus spinki* Smiley)*

Wen-jinn Liang and Li-cheng Tang

*Department of Plant Protection*
*National Pingtung Insitute of Agricultture*
*Pingtung, Taiwan 900*
*Republic of China*

## Summary

The rice stem segments utilized to be a material instead of leaf sheath segments for the reproduction of rice tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley, were easier to get a large amount of the mites in the laboatory.

Arrhenotoky, one type of the parthenogenesis, was found in the reproduction of the rice tarsonemid mite besides the bisexual reproduction.

The development and reproduction of the mite were greatly influenced by the ambient temperature. The lower the temperature from 16 to 32°C, the longer the period of development from egg to adult, or preoviposition and oviposition stage, longevity of adult. At 32, 28, 25, 20 and 16°C, the mite required 4, 5, 6, 7 and 28.6 days to complete its development from egg to adult, respectively ; the preoviposition period 2, 2.5, 5.6, 8.5 and 21 days, the oviposition period 8, 7.5, 9, 10 and 22 days, respectively. The longevity of adult female was 10.8, 10.8, 15, 20 and 40.5 days, and the male 4, 4, 10, 17 and 35 days, respectively, at 32, 28, 25, 20 and 16°C. In the developmental period, the time of larval stage was shorter than that of egg stage or quiescent stage at 32—16°C. The average number of the eggs laid by each female was 70.6, 56.5, 61.5, 40 and 23 respectively, at 32, 28, 25, 20 and 16°C. The sex ratio (female : male) of the first generation of the bisexual reproduction, at 32, 28, 25, 20 and 16°C, was 22 : 1, 3.2 : 1, 2.4 : 1, 1.8 : 1, and 0.75 : 1, respectively.

The mites could be washed out of from diseased plants and transmitted by rain fall.

*Supported by a grant 1980-5.1-080 (3—13) from Council for Agricultural Planning and Development, Fxecutive Yuan, R. O. C.

# 稻細蟎之天敵—氈蟎之生活史，捕食能力及殺蟲劑對其毒性測定*

羅幹成 何琦琛

臺灣省農業試驗所應用動物系

## 摘要

在20、25、30及35°C定溫下，分別以稻細蟎（*Steneotarsonemus spinki*）及菌食性細蟎（*Tarsonemus* sp.）之卵飼育稻細蟎之捕食性天敵氈蟎（*Lasioseius youcefi*），比較觀察其生活史，捕食量。35°C 時氈蟎不能存活，30°C 時氈蟎發育最快捕食量最多。氈蟎飼以菌食性細蟎卵較飼以稻細蟎卵者發育較快，捕食量較高，繁殖較好。僅以稻蟎卵爲食物飼育氈蟎，可能影響其生殖能力。

測試 8 種殺蟲劑對氈蟎之毒性，以 Hokbal 40% E. C.，MIPC 20% E. C. 及 Fenitrothion 50% E. C. 較安全，兼顧對另一種主要天敵扁捕植蟎之毒性，則僅 Hokbal 40% E. C. 對二者均安全。建議使用 Hokbal 40% E. C. 防治稻蝨類以保存稻細蟎之主要捕食性天敵蟎。

## 前言

自民國65年在不稔症嚴重發生之稻田中發現高密度之稻細蟎後，稻細蟎乃普受重視，爲了解田間細蟎之生態環境，66、67連續兩年調查稻細蟎發生之同時，發現兩種主要捕食稻細蟎之天敵—扁捕植蟎（*Amblyseius taiwanicus*）及一種氈蟎（*Lasioseius youcefi*）。爲進一步了解此二種天敵之生活史及捕食能力，乃於室內飼育觀察此二種天敵。此外民國57年即已在臺北市之水稻上採得稻細蟎，但迄民國65年才引起不稔症問題，爲了解稻田常用於稻蝨類之殺蟲劑對此二種天敵之毒性，乃選取數種殺蟲劑，測試其 $LC_{50}$。有關扁捕植蟎之試驗結果已有專文發表，本文乃對氈蟎飼育觀察，及測試數種殺蟲劑對其毒性之結果提出報告。

## 材料與方法

### (一) 氈蟎之生活史及捕食能力

在試管內以 PDA 斜面培養小粒菌核病菌（*Helminthosporium sigmoideum* Car. var. *irrogulare* Crelleyt Tullis），飼育菌食性細蟎（*Tarsonemus* sp.）。而後自發生稻細蟎（*Steneotarsonemus spinki*）之田間取回水稻，在實驗室內以雙管解剖顯微鏡檢查，用毛筆挑取氈蟎，接入前述飼有菌食性細蟎之試管內飼育繁殖。此即爲供試之氈蟎來源。

在20、25、30及 35°C 定溫下，將飼育有菌食性細蟎之新鮮試管，接入氈蟎之雌成蟎，任其產卵。24小時後將氈蟎之卵取出，分置於未使用過之清潔試管中每管 1 卵分別供以定量之稻細蟎或菌食性細蟎卵爲食物。每日檢查 2 次，觀察比較記錄兩種不同食物對氈蟎之發育情形及捕食細蟎卵數，然後補充食物並移走孵化之細蟎幼蟎。迄氈蟎發育爲成蟎後，即於同梯次選取先行發育之雄成蟎與雌成蟎配對。而後改爲每日觀察 1 次，記錄其捕食量及產卵量，迄雌成蟎死亡爲止。

---

*行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產080（3—4）與70農建—5.1—產—06（3—2）。

### (二) 水稻常用農藥對罷蟎毒性測定

以飼育出之罷蟎爲試驗材料，供試農藥共8種，即55% Monocrophos E. C. (中農產品)，40.64% Carbofuran FW (正豐產品)，40% Hokbal E. C. (大同產品)，37% Vamidothion S. (法臺產品)，24% Methomyl S. (日產產品)，20% MIPC E. C. (大同產品)，75% Acephate S P (三笠產品)，50% Fenitrothion E. C. (瑞豐產品)。

以藥膜法將大豆葉片在配製成之梯次濃度藥液內，浸漬10秒鐘，待陰乾後，放入直徑 8.5cm 之培養皿內，皿底墊以消毒棉，並使之飽吸蒸餾水，以防罷蟎逃失。然後以細毛筆接以罷蟎雌成蟎10隻，3—4 重複，經 24 小時檢查各濃度之存活及死亡數，以之計算 $LC_{50}$，在試驗中，若 $LC_{50}$ 低於 5ppm 或高於 2,000ppm 即不再做進一步之試驗。

## 結　果

### (一) 罷蟎之生活史及捕食能力

在20、25、30及 35°C 下，分別以稻細蟎或菌食性細蟎之卵飼育罷蟎之發育情形列於表1及表2。在飼以兩種細蟎時，於 35°C 下，各期均停止發育而死亡，在 30°C 下，發育期均最短，不同食物對其發育無明顯差異；25°C 下，飼以稻細蟎者，雌性罷蟎發育期有顯著延長之勢，對雄蟎之發育則無顯著差異；20°C 下，亦以飼以稻細蟎者，罷蟎之兩性發育均有顯著之延長。成蟎壽命在 30°C 下，飼以稻細蟎之雌性罷蟎壽命最短，僅12天，而飼以菌食性細蟎者壽命可達26天；25°C 下飼以稻細蟎之雌性罷蟎壽命爲17天；飼以菌食性細蟎者壽命爲18天；20°C 下，飼以稻細蟎之雌性罷蟎壽命可達 42.5 天，而飼以菌食性細蟎者壽命爲 29.6 天。在飼以稻細蟎之試驗中，在 30°C，25°C及20°C下之產卵量分別爲7.5，0.1及12.0枚，在飼以菌食性細蟎之試驗中，產卵量則分別爲28.0，43.5及36.8枚。

表1. 以稻細蟎卵爲食時，不同溫度下罷蟎發育及產卵情形

**Table** 1. Duration of developmental stages and oviposition of *Lasioseius youcefi* feeding on *Steneotarsonemus spinki* under different temperatures

| 溫度 °C temperature | | 卵 egg | 幼蟎 larval | 前若蟎 protonymphal | 後若蟎 deutonymphal | 合計(日) total (day) | 成蟎壽命(日) longevity (day) | 產卵量／雌蟎 egg/♀ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | ♀ | × | | | | × | | |
| | ♂ | × | | | | × | | |
| 30 | ♀ | 2.40 | 1.70 | 1.10 | 1.20 | 6.40 | 12.00 | 7.5 |
| | ♂ | 1.69 | 1.56 | 1.31 | 1.00 | 5.56 | | |
| 25 | ♀ | 2.00 | 2.15 | 1.75 | 2.65 | 8.55 | 17.71 | 0.1 |
| | ♂ | 2.10 | 1.40 | 1.10 | 1.30 | 5.90 | | |
| 20 | ♀ | 3.13 | 2.94 | 2.31 | 2.31 | 10.69 | 42.50 | 12.0 |
| | ♂ | 1.79 | 2.64 | 2.36 | 2.14 | 8.93 | | |

表2. 以菌食性細蟎卵爲食時，不同溫度下氈蟎發育及產卵情形

**Table 2.** Duration of developmental stages and oviposition of *Lasioseius youcefi* feeding on *Tarsonemus* sp. under different temperatures

| 溫 度 °C temperature | | 卵 egg | 幼 蟎 larval | 前 若 蟎 protonymphal | 後 若 蟎 deutonymphal | 合 計 (日) total (day) | 成蟎壽命 (日) longevity (day) | 產卵量／雌蟎 egg/♀ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | ♀ | × | | | | × | | |
| | ♂ | × | | | | × | | |
| 30 | ♀ | 1.5 | 0.8 | 2.0 | 2.0 | 6.3 | 26.0 | 28.0 |
| | ♂ | 1.5 | 1.3 | 1.8 | 1.2 | 5.8 | | |
| 25 | ♀ | 2.8 | 1.3 | 1.1 | 1.1 | 6.3 | 18.0 | 43.5 |
| | ♂ | 2.1 | 1.3 | 1.1 | 1.1 | 5.6 | | |
| 20 | ♀ | 2.3 | 2.4 | 1.7 | 2.1 | 8.5 | 29.6 | 36.8 |
| | ♂ | 2.5 | 2.0 | 1.8 | 1.8 | 8.0 | | |

不同溫度下，氈蟎各期捕食兩種細蟎卵數列於表 3 和 4，與發育期相似，即在 30°C 下，對兩種細蟎之捕食量無明顯差異。而在 25°C 及 20°C 下，即呈現顯著之差異現象。即氈蟎對菌食性細蟎之捕食量較捕食稻細蟎爲高，而在成蟎期之捕食量差異更顯著，由於捕食菌食性細蟎者產卵量高，因而所需之食量隨之增高，反之其對稻細蟎捕食量低，故其產卵量隨之大爲減少。

表3. 不同定溫下，氈蟎各發育期捕食稻細蟎卵數

**Table 3.** Number of *Steneotarsonemus spinki* eggs eaten by *Lasioseius youcefi* under different temperatures

| 溫 度 °C temperature | | 幼 蟎 larval | 前 若 蟎 protonymphal | 後 若 蟎 deutonymphal | 合 計 total | 成 蟎 adult |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | ♀ | 21.2 | 23.8 | 29.0 | 74.0 | 442.5 |
| | ♂ | 23.9 | 15.6 | 14.5 | 54.0 | |
| 25 | ♀ | 15.7 | 20.0 | 25.7 | 61.4 | 245.0 |
| | ♂ | 8.4 | 12.0 | 13.6 | 34.0 | |
| 20 | ♀ | 12.4 | 17.3 | 37.4 | 67.1 | 970.8 |
| | ♂ | 8.4 | 16.3 | 15.1 | 39.8 | |

表4. 不同定溫下，鈍蟎各發育期捕食菌食性細蟎卵數

**Table 4.** Number of *Tarsonemus* sp. eggs eaten by *Lasioseius youcefi* under different temperature

| 溫度 °C temperature | | 幼蟎 larval | 前若蟎 protonymphal | 後若蟎 deutonymphal | 合計 total | 成蟎 adult |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | ♀ | 7.0 | 28.0 | 37.0 | 72.0 | 2,073.0 |
| | ♂ | 15.8 | 32.6 | 30.8 | 79.2 | |
| 25 | ♀ | 18.8 | 32.0 | 38.5 | 89.3 | 1,183.5 |
| | ♂ | 15.8 | 18.0 | 11.0 | 44.8 | |
| 20 | ♀ | 21.5 | 29.0 | 42.0 | 92.5 | 1,616.4 |
| | ♂ | 14.5 | 29.5 | 27.5 | 71.5 | |

**(二) 水稻常用農藥對鈍蟎毒性測定：**

測試 8 種用以防治稻蝨類之殺蟲劑對鈍蟎之毒性如表 5 。在 8 種參試藥劑中，對鈍蟎之毒性以 Methomyl 24% S., Monocrotophos 55% E. C. 及 Acephate 75% S P 最高，中間致死濃度分別爲43.0、50.9及 71.0ppm ，其次爲 Vamidothion 37% S 及 Carbofuran 40.64% FW，分別爲 124.7 和 204.5ppm 。以上五種殺蟲劑對鈍蟎之 90%之致死濃度分別爲 105.0、125.3、170.6、269.6及 865.2ppm ；而 Fenitrothion 50% E. C., Hokbal 40% E. C. 及 MIPC 20% E. C. 對鈍蟎之毒性低，對其中間致死濃度分別爲 889.4、>2000及 >2000ppm。

表5. 8 種殺蟲劑對鈍蟎雌成蟎之毒性

**Table 5.** The toxicity of 8 pesticides to *Lasioseius youcefi*

| 殺蟲劑 Pesticides | 推荐使用濃度 ppm Recommended conc., | 中間致死濃度 $LC_{50}$ ppm | 90 % 致死濃度 $LC_{90}$ ppm |
|---|---|---|---|
| Monocrotophos 55% E. C. | 275 | 50.9 | 125.3 |
| Carbofuran 40.64% FW | 508 | 204.5 | 865.2 |
| Hokbal 40% E. C. | 500 | >2,000 | — |
| Vamidothion 37% S | 462.5 | 124.7 | 269.6 |
| Methomyl 24% S. | 480 | 43.0 | 105.0 |
| MIPC 20% E. C. | 250 | >2,000 | — |
| Acephate 75% SP | 500 | 71 | 170.6 |
| Fenitrothion 50% E. C. | 500 | 889.4 | 4,162.3 |

## 討論與建議

氈蟎在 35°C 下不能存活，發育期中即死亡。在 30°C 以下則溫度愈低，發育愈慢；捕食量雖有增加，但與發育日數比較反爲減少，其終生捕食量亦隨溫度降低而減少。不論其食物爲稻細蟎卵亦或菌食性細蟎卵，皆以 30°C 時發育最快，捕食量最高，爲其最適於發揮天敵功效之溫度。

比較二種不同食物飼育之結果，以菌食性細蟎卵飼育時，氈蟎發育較快，捕食量及產卵量較高，顯示菌食性細蟎較稻細蟎適宜爲氈蟎之食物。但田間稻細蟎發生多時，氈蟎實無選擇。此外，僅以稻細蟎卵爲食物飼育之氈蟎雌成蟎，在25及 30°C 時，有終生不產卵現象出現，尤以 25°C 時最爲明顯。似暗示僅以稻細蟎卵爲食物時，氈蟎無法充分獲得生殖發育所需營養，但田間水稻中除稻細蟎外，尚有菌食性細蟎及多種節肢動物，副食之補充當不虞匱乏。

殺蟲劑對氈蟎之毒性中，除 Hokbal 40% E. C., MIPC 20% E. C. 及 Fenitrothion 50% E. C. 對氈蟎之 $LC_{50}$ 大於推荐使用濃度外，其餘皆小於推荐使用濃度。比較此 8 種殺蟲劑對細蟎之另一種主要天敵扁捕植蟎（*Amblyseius taiwanicus*）之毒性，則前述三種對氈蟎安全之殺蟲劑中，僅 Hokbal 40% E. C. 對扁捕植蟎之 $LC_{50}$ 爲 185 ppm，較爲安全，其餘之 Fenitrothion 及 MIPC，分別爲14及小於 5ppm（羅等1979）。故爲保存稻細蟎之天敵，不被殺蟲劑毒殺，使能發揮生物防治作用，建議於施用殺蟲劑防治稻蝨類時，使用對稻細蟎主要捕食性天敵—扁捕植蟎及氈蟎較爲安全之選擇性殺蟲劑 Hokbal 40% E. C. 。

## 參考文獻


1. 羅幹成、何琦琛。1977。稻細蟎爲害水稻之初步觀察。科學發展月刊 5 ：274—284。
2. 羅幹成、何琦琛。1979。稻細蟎之生態觀察。中華農業研究28：181—192。
3. 羅幹成、何琦琛、陳瑞慈。1979。扁捕植蟎人工繁殖及水稻常用農藥對其毒性之初步測定。中華農業研究 28：251—259。
4. 羅幹成、趙若素。1975。一般農藥對兩種紅蟎重要天敵毒性之初步試驗。中華農學會報新92：81—86。
5. Croft, B. A. and P. G. Stewart. 1973. Toxicity of carbamate and six organophosphorus insecticides to OP resistent strains of *Typhlodromus occidentalis* and *Amblyseius fallacis*. Environ. Entomol. 2 : 486-488.

# Studies on the Life History and Predation of *Lasioseius* and Its Tolerance to Some Pesticides*

K. C. Lo and C. C. Ho

*Department of Applied Zoology*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Wufeng, Taichung, Taiwan 431*
*Republic of China*

## Summary

*Lasioseius youcefi* (Ascidae), a natural enemy of *Steneotarsonemus spinki*, was reared at 20, 25, 30 and 35°C on the eggs of *S. spinki* and *Tarsonemas* sp. The life history and food intake were observed. *L. youcefi* could not survive at 35°C. The development period was shortest and the food intake was highest at 30°C. Shorter developmental period, higher food intake and better propagation were observed on the ascid mites fed with the eggs of *Tarsonemus* sp. than with the eggs of *S. spinki*.

Eight commonly used rice pesticides were tested by the leaf-dip residue method in order to determine their toxicity to the ascid mites. Hokbal 40% E. C., MIPC 20% E. C. and Fenitrothion 50% E. C. were found to be less harmful to ascid mites. However, Hokbal 40% E. C. is the only pesticide recommended to control rice hopper pests as a selective pesticide, in view of its toxicity to *Amblyseius taiwanicus*, another important predator of *S. spinki*.

*Supported by grants 1980-5.1-080 (3—4) and 1981-5.1-06 (3—2) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 稻細蟎之發生與氣象關係及其防治研究*

方　新　政

臺灣省臺南區農業改良場

## 摘　要

稻細蟎因水稻不稔症于民國65年突然大發生，而被指認是造成不稔症的主因以來。依據調查，每年發生既普遍，密度又很高，然于68年却普遍減低，且不稔症發生的面積也僅限于局部某些地區，其原因何在，尙無資料可尋。本場于67年開始從事稻細蟎的發生與水稻插秧期別及氣象因子關係調查，發現67、68兩年之氣象因子有所不同，是否與稻細蟎之發生有關，頗値檢討。又稻細蟎的越冬與藥劑防治結果亦一併報告之。

依據試驗田附近設立氣象站之資料顯示，67年4月中旬至6月中旬平均氣溫較68年約高2～3°C，67年的全年相對濕度也較68年高，尤其在4月下旬至7月下旬正是稻細蟎開始發生的時機，兩年之相對濕度在此期間相差更爲顯著。至於兩年之降雨量情形也有差異，即67年的梅雨期及雨季都比68年早，雨量也較豐富。

稻細蟎至目前爲止，尙未發現有其他寄主，二期作水稻收割後，尙能繼續生存於未收穫之活稻株至翌年2月，在越冬期間均可發現卵、幼蟎及成活蟎。然而附近雖種有秧苗，但仍未發現有遷移至秧苗上。空氣中稻細蟎的初期發現，67年爲5月初，68年則在5月底。而稻株上的稻細蟎約在空氣中測到後1個半月才被發現。

由於今年(68)稻細蟎密度太低，供試5種藥劑間無顯著差異，但仍以47%乙基巴拉松乳劑效果最佳，其次是50%甲基巴拉松乳劑。至於防治適期試驗，因于水稻抽穗時正遭颱風侵襲，因風害而無法調查稔實率。但從稻細蟎防治情形看，在水稻孕穗期開始施用47%乙基巴拉松乳劑1000倍，而後隔14天再施藥1次，將可抑制稻細蟎密度的增高。

## 前　言

本省的水稻第二期作單位面積產量比第一期作者低約20%，此低產量之情形似有增加之勢（黃，1979）。其原因除了氣象等環境因子對水稻生育產生不利影響外，病蟲害的爲害亦是重要原因之一。民國65年臺南、屏東等地區之二期作普遍地大發生稻不稔症，據農林廳調查報告，其發生面積達17,098公頃，嚴重者幾近廢耕，輕者影響米質，受害農民花費很多心血，投入大量成本，最後却無收成，影響收益至大。

稻不稔症多年來經各專家的研究，大致認爲是因稻細蟎爲害所引起，它羣棲於稻株之葉鞘內，吸食稻株汁液，並可寄生於穀粒內，吸食胚乳，造成各種不同程度之不稔或禾實米（李與周，1977；歐與方，1978；謝等，1977）。除此之外又可攜帶葉鞘腐敗病分生孢子感染葉鞘及穀粒，使之褐變，加劇稻不稔程度（方，1976；謝等，1977）。

水稻不稔症早在民國57年於臺南縣官田地區就有局部發生，當時雖曾在葉鞘內發現有羣集小蟲，但未被重視。後來由於稻不稔症逐年擴大蔓延，至民國65年9月2日，本場邀集專家現場會勘，再度發現許多小蟲密集在稻穗上爬動，才引起各界普遍注意，並鑑定是稻細蟎（*Steneotarsonemus spinki*）。稻細蟎體型細小輕微，可藉風力傳播（歐與方，1978），至目前爲止，除水稻之外，尙未發現

*行政院農業發展委員會補助計畫70農建—5.1—產—06（3—8）

有其他寄主。當二期作水稻收刈後，殘株被翻犁，稻細蟎棲身何處，如何越冬而再傳染下期作之水稻，以及其發生情形與氣候等有何關係。此等乃是擬訂防治對策時應知之先決要件。本試驗即針對這些問題加以研究探討，茲將成果整理成文，謹供參考。

## 材料及方法

**一、稻細蟎與水稻插秧期別及氣象因子之關係：**

於稻不稔症發生嚴重地區——六甲，擇一試驗田，每個月播種水稻1次，從67年1月起開始，每次插秧面積約爲2公畝，水稻品種爲臺南5號，按一般栽培方法行之。在試驗田附近設一氣象站，包括雨量計、乾濕球溫度計等，每天記錄。並於試驗田之對角線及中央各擺2片塗有福馬林之載玻片，每5天檢視1次，調查由空氣中採集之稻細蟎數。並在每月播種之水稻分別於分蘖期、孕穗期、抽穗期、成熟期各抽樣20支分蘖調查稻株上之稻細蟎數，並在成熟期調查稻之不稔實率。

**二、越冬調查：**

於本場設水泥框，種植臺南5號水稻，二期水稻成熟後，三分之一收刈再種水稻，三分之一收刈後留再生稻，另三分之一不收刈續留於試驗圃。每次抽樣40分蘖（Tiller）調查稻細蟎密度及消長，以及越冬型態。

**三、防治適期：**

本試驗共分5處理即（一）分蘖盛期開始施藥，而後每隔14天施1次共4次（二）孕穗期開始施藥，而後每隔14天施1次共3次（三）抽穗期開始施藥，後每隔14天再施1次共2次（四）乳熟期開始施一次（五）不施藥。4重複，採逢機完全區集設計，每小區面積 $20m^2$，施用藥劑爲47%乙基巴拉松乳劑。每次施藥前1天每小區抽樣20支分蘖調查稻細蟎數，並於水稻成熟時調查不稔率。

**四、藥劑防治：**

採逢機完全區集設計，6處理，4重複，每小區面積 $20m^2$，供試藥劑5種即（一）50%甲基巴拉松乳劑1,000倍（二）47%乙基巴拉松乳劑1,000倍（三）45%依必安乳劑 1,000倍（四）50%馬拉松乳劑1,000倍（五）50% UC 55248 4E 1,600 倍。於分蘖盛期開始施藥，後每隔14天施藥1次至抽穗期共3次。並於第2次及第3次施藥後7天，每小區各抽樣20支分蘖，調查稻細蟎數。

## 結 果

**一、稻細蟎與水稻插秧期別及氣象因子之關係：**

根據67及68年水稻不同插秧期調查得知；1月份及2月份插秧之水稻至收穫時未發現有稻細蟎，3月份插秧者，在成熟期（6月下旬）已有少數稻細蟎，4月份插秧者，在孕穗期就開始發生，5月份以後至9月插秧者，於分蘖期就開始發生。其中以5月份及6月份插秧者，在孕穗期及開花期稻細蟎密度最高（如圖1），正符合爲害水稻造成不稔之最佳時機。又68年稻細蟎開始發生日期比67年約晚1個月，且全年發生密度也較低。依據氣象資料顯示，68年梅雨期比67年爲晚，即67年在3月、4月及5月，而68年在5月及6月。68年雨季開始於7月底8月初，而67年始於7月初，67年的降雨量也較68年多（如圖3）。至於空氣中之相對濕度，67年也比68年高（如圖4），溫度似無顯著差別。

**二、空氣中稻細蟎密度測定：**

從1月開始，每5天調查載玻片上稻細蟎數，67年在5月初開始採集到而68年在5月下半旬才發現，相差約1個月。自載玻片上測到空氣中之稻細蟎後約1個半月，水稻稻株上才有稻蟎被發現。

**三、稻細蟎越冬調查：**

在二期作水稻抽穗期，稻細蟎密度達最高峰，而後逐漸下降，但田間如殘存有未枯死之稻株則尚有少數稻細蟎以成蟎或幼蟎越冬（如表1）。

**四、稻蟎害不稔症防治適期：**

本試驗在水稻抽穗時正逢颱風，全遭風害而不稔，處理間未能比較不稔實率，但施藥與不施藥間，稻細蟎之發生有顯著性的差異。如表2中在孕穗期調查時，處理1已施藥兩次，其稻細蟎數僅0.65隻，處理2施藥1次爲1.8隻無施藥區 176.8隻至於抽穗期時之調查其處理間之稻細蟎密度似無很明顯著之差異，此乃因那次施藥後即遭雨淋，因而稻細蟎即速增加。但經乳熟期時施藥後密度又再下降。

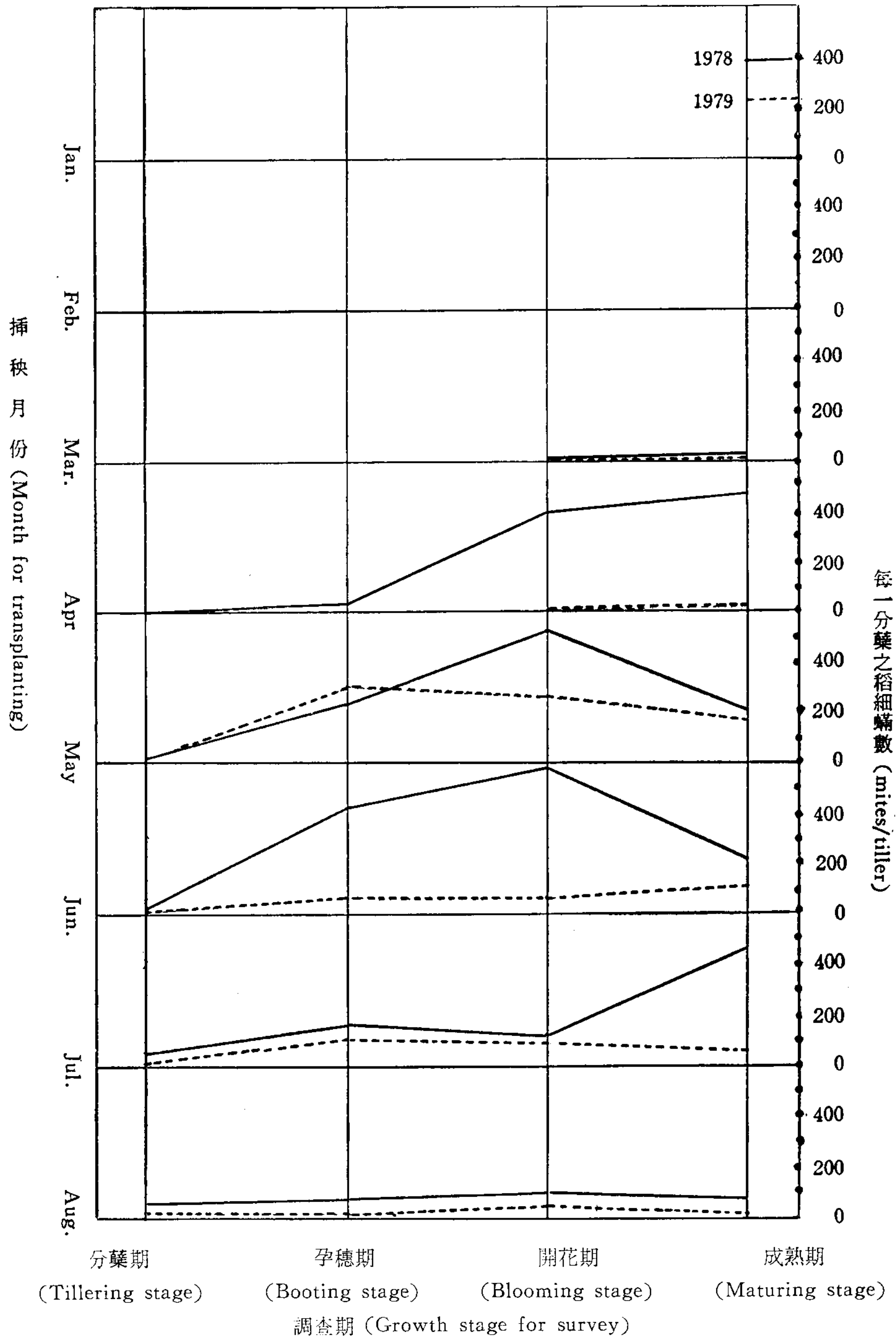



**Fig. 1.** Population fluctuation of tarsonemid mite on the different growth stage of rice transplanting in different month in 1978 and 1979.

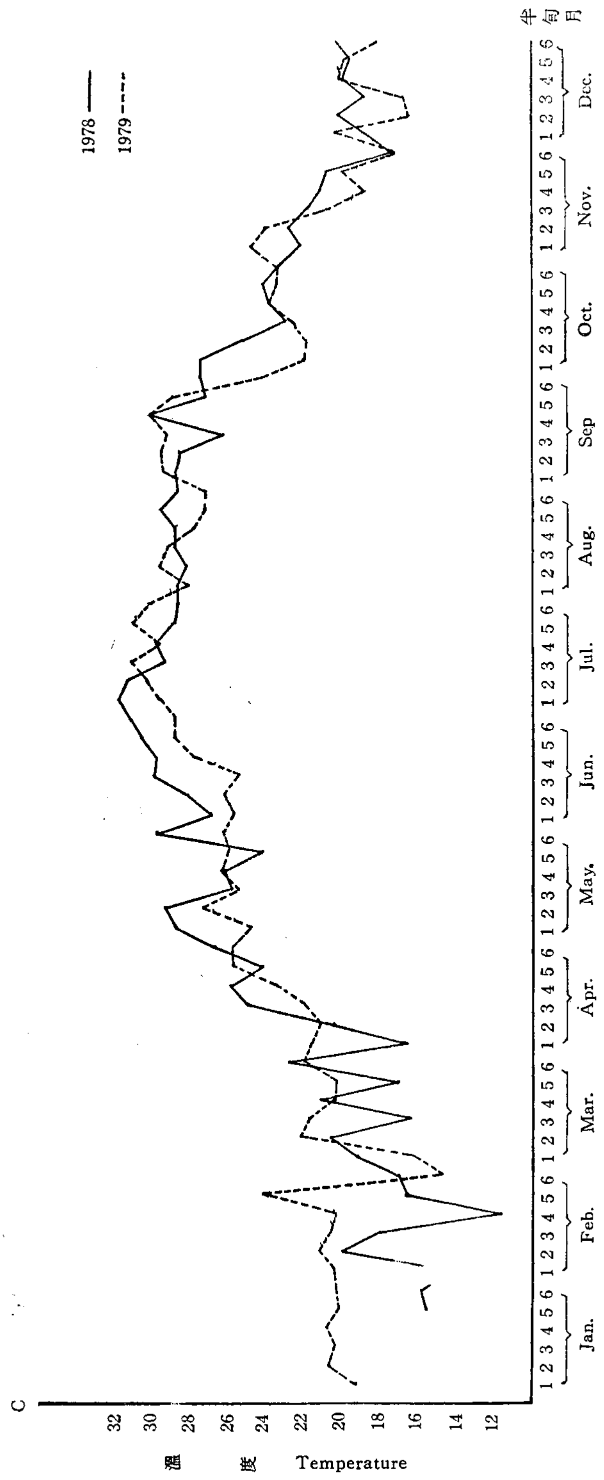



**Fig. 2.** Average temperature at Liu Cha in 1978 and 1979.

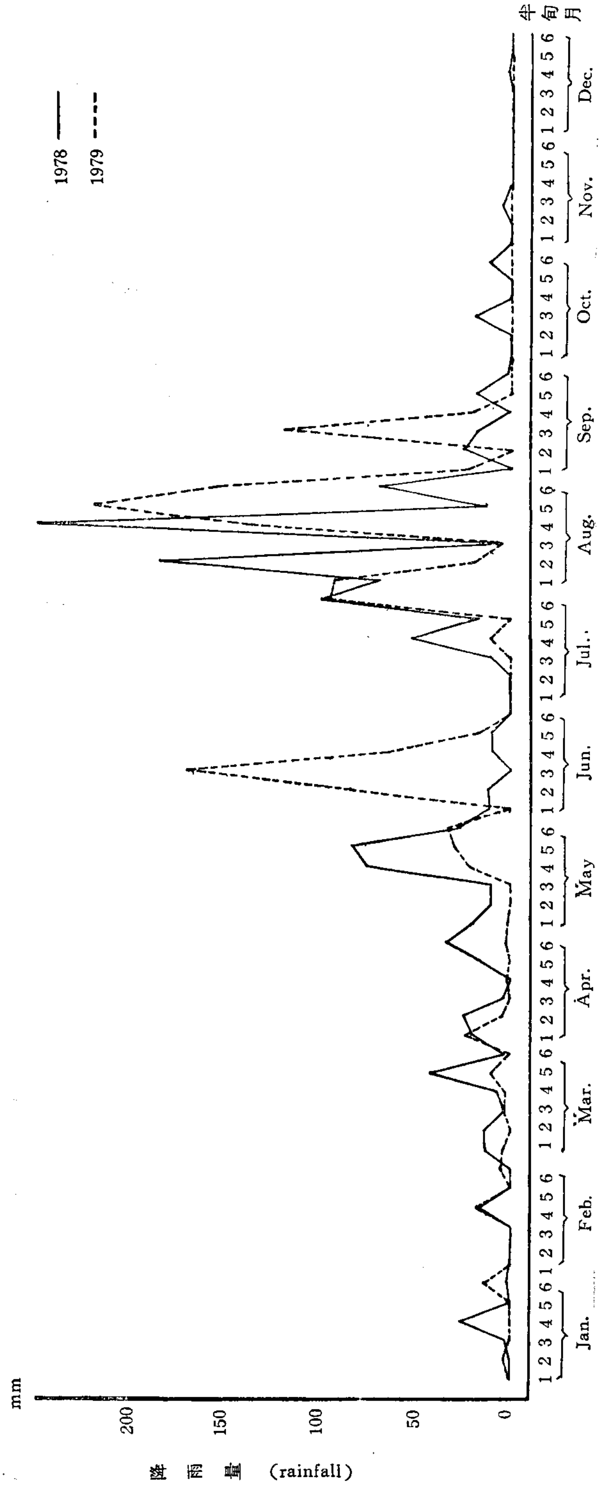



**Fig. 3.** Rainfall at Liu Cha in 1978 and 1979.

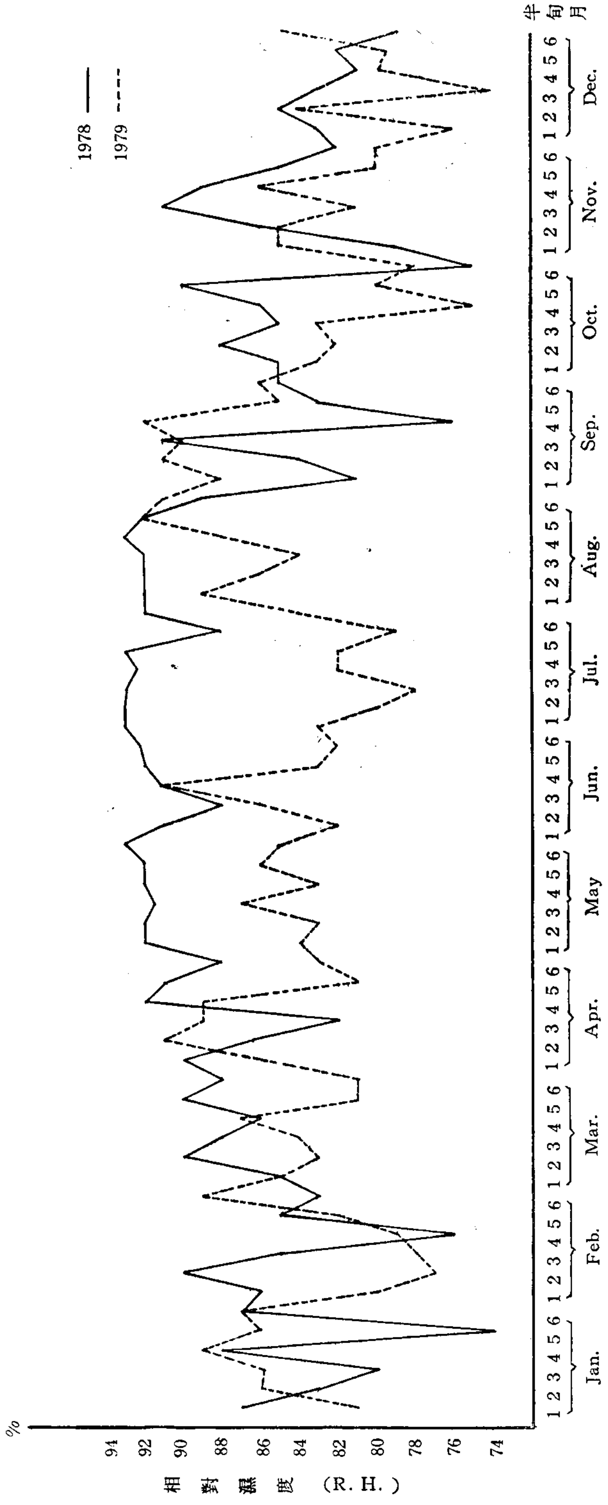



**Fig. 4.** Relative humidity at Liu Cha in 1973 and 1979.

**Table 1.** Survey on the overwintering of tarsonemid mite.

| 調查日期<br>Date of Survey | 稻細蟎數 (Mites/Tiller) Number of tarsonemid mite<br>E | L | A | D |
|---|---|---|---|---|
| 抽穗期 (23 Oct. 1979)<br>Heading stage | 417 | 878 | 1944 | 249 |
| 乳熟期 (13 Nov. 1979)<br>Milking stage | 5 | 10 | 77 | 664 |
| 成熟期 (4 Dec. 1979)<br>Maturing stage | 1 | 3 | 30 | 495 |
| 未收穫之活植株 (27 Dec. 1979)<br>Unharvested living plant | 4 | 3 | 12 | 401 |
| 未收穫之活植株 (17 Jan. 1980)<br>Unharvested living plant | 1 | 2 | 10 | 175 |
| 未收穫之死植株 (17 Jan. 1980)<br>Unharvested dead plant | 0 | 0 | 1.5 | 178 |
| 未收穫之死植株 (6 Feb. 1980)<br>Unharvested dead plant | 1 | 3 | 0.5 | 352 |
| 分蘖期 (6 Fed. 1980)<br>Tillering stage of new rice plant | 0 | 0 | 0 | 0 |

註：E：Egg of mite　　L：Larva
A：Adult mite　　D：Dead

**Table 2.** Population densities of tarsonemid mite after chemical application at various rice growth stages control.

| 處理<br>Treatments | 稻細蟎數 (蟎數／分蘖) No. of tarsonemid mite (Mites/Tiller) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 第1次施藥前 Before 1st spread | | | 第2次施藥前 Before 2nd spread | | | 第3次施藥前 Before 3rd spread | | | 第4次施藥前 Before 4th spread | | | 第5次施藥前 Before 5th spread | | |
| | E | L | D | E | L | D | E | L | D | E | L | D | E | L | D |
| 1 | 0 | 0.07 | 0 | 0.05 | 0.05 | 0 | 0.45 | 0.65 | 0.45 | 12.4 | 79.7 | 5.3 | 0.6 | 9.5 | 171 |
| 2 | 3.1 | 10.5 | 0.2 | 0.8 | 1.8 | 0.4 | 2.9 | 124 | 8.5 | 2.3 | 56.7 | 144.8 | | | |
| 3 | 46.5 | 176.8 | 1 | 23.9 | 274.3 | 37.3 | 2.3 | 21.5 | 188.3 | | | | | | |
| 4 | 28 | 371.3 | 1.7 | 1.2 | 35.3 | 134.3 | | | | | | | | | |
| 5 | 4.3 | 209.8 | 26.5 | | | | | | | | | | | | |

**五、藥劑防治試驗：**

本試驗因稻細蟎密度太低，各處理之水稻稔實情形均良好，但施藥後各處理間稻細蟎密度仍有不同，其中以47%乙基巴拉松乳劑藥效最佳，其次是50%甲基巴拉松乳劑及45%依必安乳劑（如表 3 ）

**Table 3.** Screen test of chemical control of tarsonemid mite in field.

| 調查期 Date of Survey | 各處理後稻細蟎數（蟎數／分蘗） Number of tarsonemid mite after treatments (Mites/Tiller) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50% Methyl parathion E. C. | | | 47% Ethyl parathion E. C. | | | 45% EPN E. C. | | | 50% Malathion E. C. | | | 50%UC55248 4E | | | C. K. | | |
| | E | L | D | E | L | D | E | L | D | E | L | D | E | L | D | E | L | D |
| 抽穗期 (3.Oct) Heading stage | 2.9 a | 14.2 a | 2.3 a | 0.9 a | 2.3 a | 2.6 a | 6 a | 19.8 a | 0.7 a | 5.3 a | 18.0 a | 0.8 a | 8.4 a | 35.4 a | 1.5 a | 18.5 a | 40 a | 1.3 a |
| 齊穗期 (15.Oct) Milking stage | 1.8 a | 4.2 c | 1.4 a | 0.9 a | 1.7 c | 1.6 a | 1.1 a | 5.2 c | 1.3 a | 9.9 a | 24.6 bc | 6.2 a | 15.3 a | 27.8 bc | 2.9 a | 15.9 a | 54 a | 3 a |

## 討論與結論

稻不稔症經研究認為是因稻細蟎為害所引起。依據兩三年來的調查資料顯示，稻不稔症發生嚴重地區稻細蟎密度也愈高，而無不稔症發生之水稻區，亦有稻細蟎發生。稻細蟎在臺南地區是開始發生於 5 、 6 月（羅與何，1979），而不稔症則發生於 7 、 8 月成熟之水稻，而後再蔓延至第二期作（方，1976）。依據羅與何（1977、1979）調查報告，稻細蟎遍佈全省各地，其中以臺南、屏東地區之密度最高，每穗穀粒中之稻細蟎出現率亦最為顯著。稻細蟎既然普遍發生於本省各水稻區，為何僅為害南部地區之水稻而造成稻不稔症？又一期作不發生而僅發生於二期作？羅與何（1977）調查屏東三期稻作之不稔率與每穗穀粒內稻細蟎出現率時，發現稻細蟎有顯著性的下降而推測可能與氣溫降低有關，並認為氣溫的下降，一方面有抑制稻細蟎之遷移活動力，另一方面延遲卵期及幼期之發育，因而在各齡期蟎數中成蟎數相對降低，而說明臺灣 1 期水稻未發生不稔症的原因，筆者認為氣溫高低的變化雖可影響稻細蟎的生育，但不可能左右稻細蟎的發生。陳氏（1979）報告稻細蟎對濕度很敏感，溫度在 25～32°C 時，濕度愈大稻細蟎密度愈高。據農林廳報告本省稻不稔症早於民國57年局部發生在臺南 2 期作水稻，63年發生面積約30公頃，64年為218公頃，到65年高達17,098公頃，迨66年擴大為19,164 公頃（蕭與徐，1978），67年雖無確實之統計數字，但與前兩年差不多。然而68年蟎害不稔症的發生面積在臺南地區也只約 300公頃，稻細蟎的密度也普遍減低。此原因除部分地區已使用47%乙基巴拉松乳劑防治外，可能受到氣象等因子之影響所致。筆者根據67及68兩年之氣象資料分析顯示，67年在稻細蟎開始發生之時期氣溫較68年約高 2～3°C，相對濕度也較68年高，雨量也較豐富。以上兩年氣象之差異是否影響稻細蟎發生之因素，有待繼續探討，供為今後預測稻細蟎發生之依據。

稻細蟎至目前為止，除水稻外尚未發現有其他寄主 。二期作稻作收穫後 ，尚能在稻椿及再生稻上繼續生存繁衍，可持續至翌年之 2 月下旬（羅與何 ，1979） 。又李與周（1977）曾用臺灣野生稻（*Oryzaz sativa* spontanea）飼養稻細蟎。因此稻細蟎可在未枯死之稻株或野生稻上越多。但由於當時密度太低，不能立即傳至一期作之水稻上，須經一段期間之繁殖後約在 5 、 6 月再藉風傳至水

稻上，如遇氣候環境適宜時，密度將迅速增高而造成中間作及二期作水稻不稔症的發生。

1978年筆者從事藥劑篩選試驗發現，47%乙基巴拉松乳劑 1,000倍於水稻分蘗盛期開始施藥，而後每隔14天施1次至抽穗止，共3次。然因該藥劑試驗時發現對稻細蟎不但有預防作用，並有殺蟎效果（方，1976）又稻細蟎通常是在孕穗期密度才增高，如能在此時施藥抑制，將可達到經濟而有效的防治效果。雖然此次藥劑防治適期試驗，因水稻在抽穗時遭到風害而無法比較處理間之稔實情形，但施藥區與無施藥區稻細蟎的密度有很顯著的差異，如在孕穗期調查時，施藥兩次之小區稻細蟎的密度，每支分蘗平均僅有 0.65，施藥1次者有1.8，無施藥區高達 176.8。今後除再繼續藥劑篩選外，防治基準研究更應加強。

## 引用文獻


1.方新政・1976・水稻不稔症與稻細蟎關係研究。臺灣農業季刊14（3）：88—98。

2.方新政・1976・水稻不稔症之發生原因及其防治。臺灣農業季刊14（4）：47—49。

3.李天錫、周延鑫・1977・稻細蟎為害水稻之證據。科學發展月刊5（11）：960—963。

4.黃頂生・1978・臺灣水稻第2期作之低產情況。行政院國家科學委員會研討會專集（二）23—27。

5.歐榮東、方新政・1978・稻細蟎為害水稻及其傳播途徑之研究。科學發展月刊6（8）：773—779。

6.蕭榮福、徐茂樟・1978・臺灣農作物之主要病蟲害問題。臺灣農業季刊14（2）：84—98。

7.謝式抃鉦、梁文進、張世英・1977・水稻不稔症原因之探討——葉鞘腐敗病與不稔症之關連初報。植物保護學會刊19（1）：30—36。

8.羅幹成、何琦琛・1977・稻細蟎為害水稻之初步觀察。科學發展月刊5（4）：274—284。

9.羅幹成、何琦琛・1979・稻細蟎之生態觀察。中華農業研究28（3）：181—192。

10. Chen. C. N., C. C. Cheng and K. C. Hsiao. 1979. Bionomics of *Steneotarsonemus spinki* attacking rice plants in Taiwan. Recent Advance in Acarology 1：111-117.

# Studies on the Occurrence of Rice Tarsonemid Mite (*Steneotarsonemus spinki*) in Relation to Meteorological Factors and its Control*

Hsin-Cheng Fang

*Tainan District Agricultural Improvement Station*
*Tainan, Taiwan*
*Republic of China*

## Summary

Since 1976, because of the abrupt occurrence of rice sterility, the rice tarsonemid mite (*Steneotarsonemus spinki*) was recognized as the main factor causing rice sterility. According to the investigation, the annual population was usually very high since then. However, the population declined and the rice sterility occurred only limited in some areas in 1979. The reason remained unknown. In 1978, an investigation was made to detect the relationship between the occurrence of rice tarsonemid mite, rice transplanting stages, and meteorological factors. It was found that the meteorological factors were different in 1978 and 1979. It was postulated that meteorological factors were probably the main factor influening the occurrence of tarsonemid mite.

According to the data collected from the meteorological station near the experimental field, it showed that from the middle of April to June in 1978, the average temperature was 2—3°C higher than that of the same period in 1979. The relative humidity year around in 1978 was also higher than that of 1979. The relative humidity from late April to July, the critical time for the occurrence of tarsonemid mite was particularly different between these two years. The precipitation was also different particularly; the rainy season in 1978 was thus obtained.

So far, no other host for rice tarsonemid mite was found. After second crop of rice was harvested, egg, larva or adult tarsonemid mites were found to overwinter on the unharvested living rice plant until the next Feburary, and would not migrate to the nearby rice seedlings. Air-borne rice tarsonemid mites were first found in early May, and were found on rice plants at one and one half month later in 1979.

Because of low population of the rice tarsonemid mites in 1979, the effect of five tested chemicals were found not different significantly. However, 47% ethyl parathion E. C. was the most effective, followed 50% methyl parathion E. C. Two applications of 47% ethyl parathion E. C. at the rate rate of 1 : 1000 started from the initial booting stage, with 14 days of meterval could effectively inhabit the population increase of rice tarsonemid mite.

*Supported by a grant 1981-5.1-06 (3—8) from Council for Agricultural planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 稻細蟎防治藥劑及適期之研究*

陳　秋　男

臺灣植物保護中心

## 摘　要

1.室內藥劑殺蟎效果試驗，未選出良好藥劑，但藥劑加入乳化劑證明可增加殺蟎效果。較顯著者如Azodrin＋Sapogenat T180及MIPC＋Phenylsulfanat CA.

2.從田間藥劑適期防治知，乙基巴拉松及安殺番均具相同藥效，唯兩者殺蟎效果均欠佳。防治適期以插秧後30天至60天（即分蘗盛期～齊穗前）爲宜，約10天噴一次。但此項觀察仍待選出有效藥劑經田間試驗才能確證。

3.稻細蟎有經由秧苗被帶至本田的可能，一般潛伏於葉耳及葉舌處，初期徵爲葉鞘上端有褐斑，因此今後田間調查應儘早注意，以防患於未然。

4.幾年來田間調查顯示，在二期稻作初期若逢高溫乾旱，則細蟎很難在孕穗期建立高密度而造成其後嚴重爲害，該作大發生可能性即小，因此田間調查密切監視其活動，是不可忽略的事。

## 前　言

由於幾年來大家的研究，稻細蟎在水稻蟎害不稔症中扮演主要的角色已成不爭的事實（李與周，1977；歐等，1976；謝等，1977；羅與何，1977；Chen *et al*., 1977）。因此爲了預防不稔症的嚴重發生，就必需設法防治稻細蟎。就防治而言，目前採取兩項主要研究途徑，一爲抗蟲品種的選拔；另一爲藥劑防治。過去雖不斷在室內及田間從事藥劑的藥效試驗，但均未獲致良好藥劑，而臺南改良場報告乙基巴拉松具防治效果，值得在田間再確證。另外，室內的藥劑篩選及配方改進亦值得再試。同時，更重要的是應把稻細蟎化學防治基準及適期找出，以應防治之需。本文乃報導過去此項研究的結果。

## 材料與方法

### 一、室內藥劑篩選

初選係選24種農藥稀釋 100倍。取雙面膠帶固定於載玻片上，以眼睫毛自葉鞘內挑出若蟎，把蟎背粘貼於膠帶上，每片40隻，然後浸入藥液 5 秒鐘，取出置於25°C，93% R. H. 恆溫箱內，每處理三重複。（濕度以磷酸二氫銨$NH_4H_2PO_4$之飽和溶液調節）。經24小時後以雙眼立體顯微鏡計數死亡蟎數，死亡之決定以針觸不活動者爲準。每組處理均配以一僅以溶劑處理的對照組，以爲死亡率校正的標準。24種藥劑列於表 1 。

複選時選擇11種藥劑，各供試藥劑以溶劑稀釋200倍，溶劑分別爲蒸餾水、丙酮及 50%(W/W) 丙酮水溶液。另以乳劑作成不同配方，添加 Tween 80, Sapagenat T 180, phenylsulfanat CA

* 行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產—080（3—5）與70農建—5.1—產—06（3—4）。

及Emulsogen EI 使成 1000ppm 之溶液。試驗方法與初選相同。藥劑名稱列於表２。

**二、秧苗期及本田初期細螨發生調查**

在溫室內靠近細螨保存區，以臺農67號水稻育苗，每週隨機取樣20株，在顯微鏡下記數螨數，至插秧後兩週爲止。

**三、田間藥劑防治試驗及細螨密度調查**

1.1979年二期作

在臺南縣官田鄉中脇段租兩塊地，每塊 0.1公頃，於７月３日插植臺南５號水稻。自分蘗初至糊熟分成四時期，組成不同時期與次數之施藥處理區，與不施藥區共 17小區，每試驗小區 20m²，三重複採逢機完全區集設計。兩塊各用乙基巴拉松（-parathion）乳劑（41%）稀釋1,000倍，用量１公升／公頃，及安殺番（endosulfan）乳劑（ 35%），稀釋及用量相同。

噴藥時使用動力噴霧機，於噴前及噴後３及７天各調查細螨密度一次，不噴藥區以10～15天調查一次。在孕穗前每小區取樣調查10叢，每叢取２枝以後只調查10枝。收獲時調查小區總產量、穗頸扭曲率、空谷率及千粒重等。

2.1980年二期作

田間設計及調查法同去年，處理藥劑爲加保扶（Carbofuran），亞速靈（Azodrin），滅必蝨（MIPC），大克螨（Dicofol）及乙基巴拉松。

## 結果與討論

**一、室內藥劑篩選**

24種農藥殺螨效果列於表１。由表得知，沒有任何一種藥劑具有良好藥效，當加入不同的乳化劑之後，藥效有普遍增高的現象，較顯著者如Azodrin加入Sapogent T180及MIPC加phenylsulfanat CA（表２），此現象表示細螨表皮的親油性强。是故，將來的田間藥效試驗，宜考慮農藥加入礦物油及乳化劑之可行性及有效性，同時更建議國內昆蟲毒理研究人員，繼續探討其對各類藥劑抗性情形，以謀求有效藥劑及配方達到防治之效。

**Table 1.** Results of laboratory screening test (dilution factor = 100)

**表1.** 室內藥劑初選結果（稀釋100倍）

| Insecticides | M%** | Insecticides | M%** |
|---|---|---|---|
| Azodrin 74%* | 16 | Dicofol 18% w. p. | 52 |
| M-parathion 80%* | 1 | Ekamat 50% e. c. | 0 |
| E-parathion 98%* | 1 | Formothion 33% e. c. | 1 |
| Lannate 90%* | 0 | Hostathion 40% e. c. | 2 |
| Thiodan 35% e. c. | 0.5 | Kumitox 80% w. p. | 0 |
| Thiodan 94%* | 5 | Zardex 40% w. p. | 0 |
| Carbofuran 40.64% f. w. | 5 | Akar 25.5%* | 2 |
| Carbofuran 3% g. | 0 | Decis 25% e. c. | 6 |
| Bayrusil 25% e. c. | 0 | MIPC 95%* | 10 |
| Dithane 50% w. p. | 0 | Sevin 99%* | 11 |
| Acricide 50% | 0 | Vydate L 24% e. c. | 0 |
| Sumicidin 20% e. c. | 0 | Drawin 10% e. c. | 0 |

*: Technical grade.

**: Corrected Mortality%.

**Table 2.** Mortality of rice mite tested to various formulations of insecticides

**表2.** 不同藥劑配方的殺蟎效果（各劑稀釋200倍；乳劑爲1000ppm）

| Insecticides | Acetone | Water | Water+ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Acetone+T80[a] | T180[b] | PH−CA[c] | Em−El[d] | T80 | Acetone |
| Decis | — | 12.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.7 | 6.6 |
| Azodrin | — | 0 | 45.0 | 51.6 | 7.8 | 38.4 | 10.0 | 16.4 |
| M-parathion | 0 | — | 0 | 0 | 14.8 | 0 | 0 | 7.1 |
| E-parathion | 0 | — | 30.0 | 0 | 30.1 | 10.0 | 3.1 | 0 |
| Akar | 0 | — | 37.0 | 6.2 | 10.0 | 1.0 | 3.4 | 0 |
| MIPC | 0 | — | 0 | 28.0 | 82.5 | 2.2 | 6.7 | 0 |
| Sevin | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.1 |
| Thiodan | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.0 |
| Lannate | — | 15.0 | 23.0 | 0 | 34.0 | 0 | 0 | 5.6 |
| Vydate'L | — | 0 | 0 | 18.3 | 23.2 | 14.2 | 0 | 4.0 |
| Drawin | 0 | 24.5 | 0 | 1.0 | 0 | — | 0 | 0 |

a. T80 : Tween 80

b. T180 : Sapogenat T180

c. PH-CA : Phenylsulfanat CA

d. Em-El : Emulsogen El

**二、秧苗期及本田初期細蟎發生調查**

由調查結果得知，秧苗期第三週開始即可發現，在葉耳及葉舌上有細蟎棲息，初期徵象爲葉鞘上端有褐斑。密度由第三週的平均每株 1.4隻增至第六週（即插秧後第一週）的 8.8隻，其後由於分蘖開始，取樣數太小，其密度降至平均 1 隻（表 3），此現象或許是以前田間調查時，在分蘖盛期前仍難發現細蟎踪跡的原因，因此建議田間調查員，應在秧苗期即應注意細蟎的潛伏。

**Table 3.** Changes of density of the rice mite (No./tiller) during seedling stage

**表3.** 秧苗期稻細蟎密度（隻／株）調查結果

| 蟎 期 (Stage) | 發芽後週次 Successive week after germination | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6* | 7 |
| 若蟎 Nymph | 0 | 0 | 0.5 | 3.8 | 5.2 | 5.8 | 0 |
| 成蟎 Adult | 0 | 0 | 0.9 | 1.5 | 1.2 | 3.0 | 1.0 |
| 總數 Total | 0 | 0 | 1.4 | 5.3 | 6.4 | 8.8 | 1.0 |

* 第6週即插秧後第一週（The 6th week is the 1st week after transplanting）

## 三、田間藥劑防治試驗及細蟎密度調查

1.1979年二期作

乙基巴拉松及安殺番在田間防治稻細蟎的結果如圖1及2所示。由兩圖可知，稻細蟎在插秧後50天才開始發現，從60至70天棲群呈幾何級數劇增，其後即漸趨下降。且兩種藥劑具有同等藥效。就防治適期而言，以巴拉松噴佈兩次最好是在插秧後49天（孕穗）及65天（齊穗）各噴一次（圖1－J）

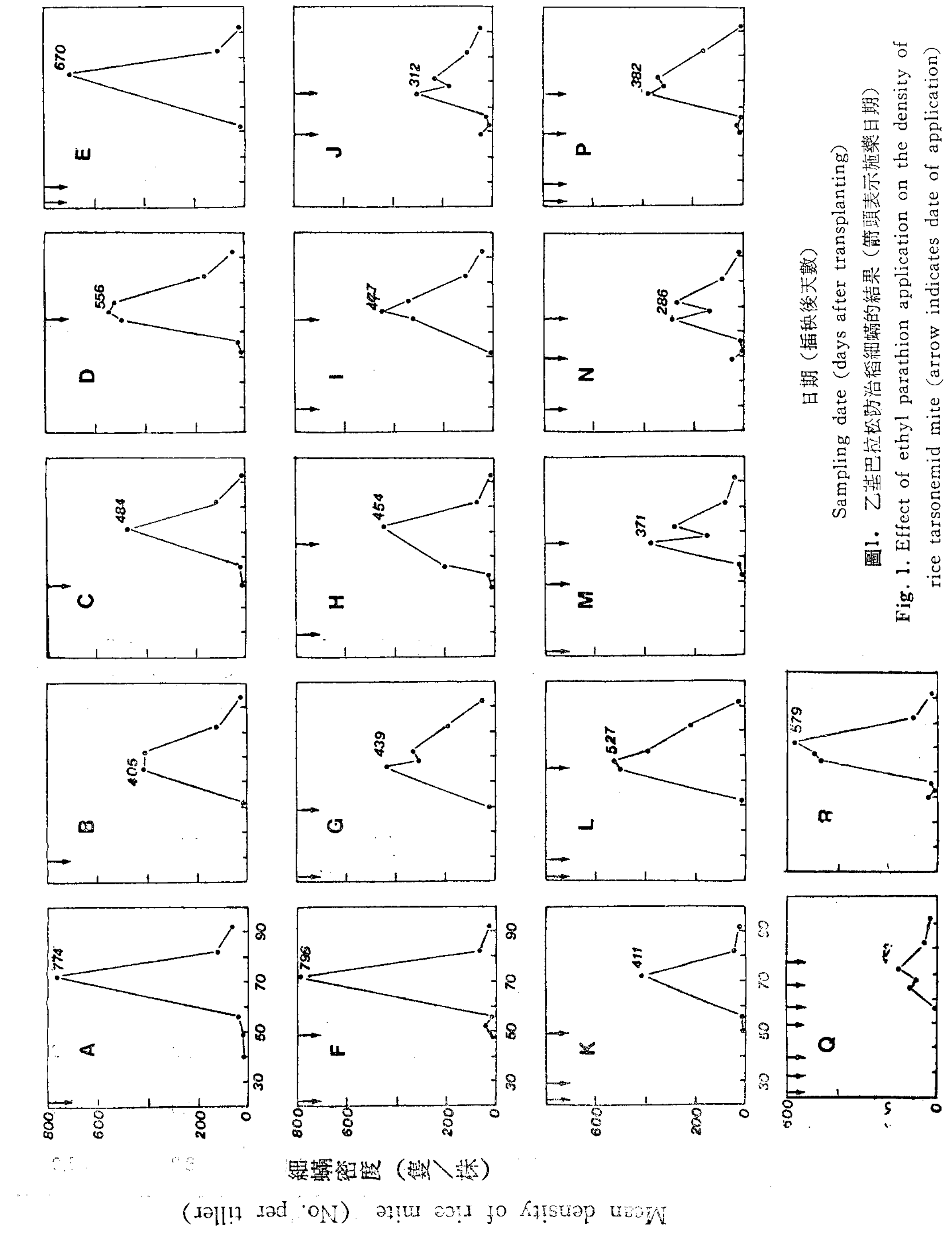



圖1. 乙基巴拉松防治稻細蟎的結果（箭頭表示施藥日期）

Fig. 1. Effect of ethyl parathion application on the density of rice tarsonemid mite (arrow indicates date of application)

，噴藥三次則在29天（分蘗盛），49天及65天各噴一次（圖1—N）最好。以蟎數轉換爲對數值，經變方分析及鄧肯氏多變域檢定結果，知悉圖1的J、M、N及P與加强防治區Q之防蟎效果無顯著差異。

就安殺番的殺蟎效果而言，防治效果較佳時期組合爲：兩次者22天及29天（圖2—E），29天及49天（2—H）及49天及65天（2—J）。三次者22天，29天及49天（2—K）。四次者第22，29，49及65天（2—P）。統計分析發現上述處理組與

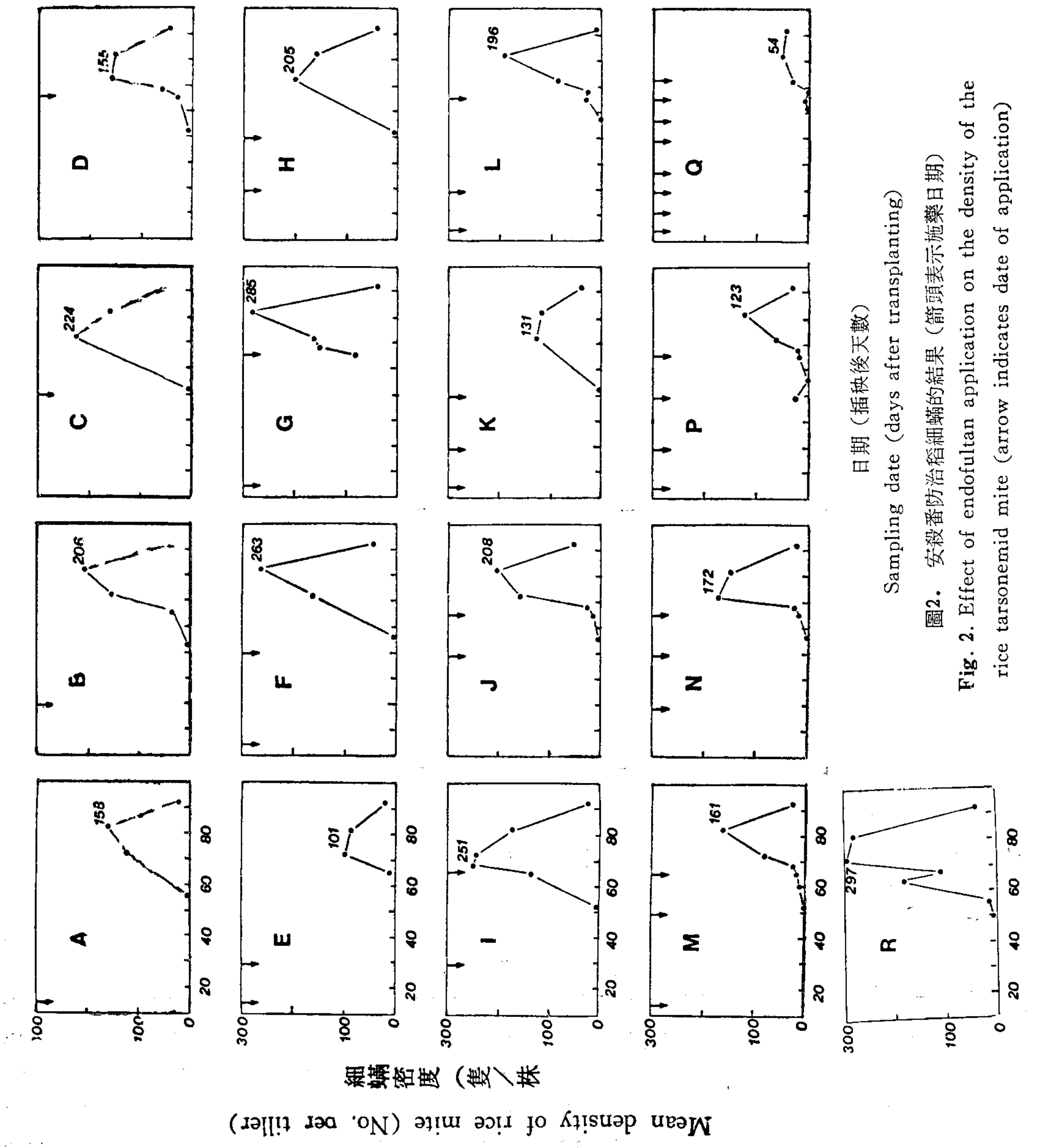



圖2. 安殺番防治稻細蟎的結果（箭頭表示施藥日期）

**Fig. 2.** Effect of endofultan application on the density of the rice tarsonemid mite (arrow indicates date of application)

加强防治組（Q）之蟎數差異不顯著。兩種藥劑防治後，一般而言稻穗頸扭曲率均顯著減少，然對空殼率並無顯著差別（表4），此因本期試驗中，其他病蟲害普遍發生，因此各區產量就很難評估差異。

綜觀上述試驗結果，僅能推論稻細蟎的防治適

**Table 4.** Effects of chemical applications on symptom of sterile-grain syndrome (Treat. A→R refer to Figs. 1 & 2)

**表4.** 施藥防治稻細蟎後稻穗頸扭曲及空殼情形（處理代號請見圖1及2）

| 處理代號 Treatment | 巴拉松 (parathion) | | 安殺番 (endosulfan) | |
|---|---|---|---|---|
| | 穗頸扭曲(%) Panicles twisted (%) | 空殼(%) Empty grains (%) | 扭曲(%) Panicles twisted (%) | 空殼(%) Empty grains (%) |
| A | 7.00 | 13.90 | 6.67 | 12.87 |
| B | 15.33 | 10.72 | 3.50 | 13.43 |
| C | 8.33 | 12.74 | 6.33 | 10.82 |
| D | 8.00 | 12.84 | 2.67 | 9.81 |
| E | 5.00 | 10.56 | 3.00 | 8.53 |
| F | 3.67 | 10.61 | 4.07 | 9.10 |
| G | 5.67 | 10.71 | 4.33 | 9.60 |
| H | 5.00 | 9.41 | 6.33 | 4.43 |
| I | 6.67 | 12.09 | 2.00 | 8.59 |
| J | 7.00 | 7.69 | 4.00 | 9.10 |
| K | 5.67 | 9.09 | 1.00 | 8.22 |
| L | 2.67 | 14.07 | 4.67 | 8.58 |
| M | 6.33 | 5.94 | 2.67 | 5.55 |
| N | 7.00 | 6.29 | 5.33 | 7.26 |
| P | 7.00 | 7.02 | 0.67 | 7.50 |
| Q | 2.67 | 5.49 | 0.67 | 6.35 |
| R | 10.00 | 19.69 | 12.00 | 10.22 |

期應把握在插秧後30天以後（即分蘗盛期）至60天（齊穗）前，噴藥期間不宜間隔太長，以每10天噴一次爲原則。至於有效藥劑，仍待繼續篩選。

2.1980年二期作

本年下半年全省普遍乾旱，在臺南區 6 月份直至下旬才下一天雨（50mm），7 月上、中、下旬之雨日／雨量分別爲 5 天／54.3mm，4 天／13.3 mm 及 3 天／2.3mm。因此二期稻作缺水嚴重，期作普遍延後，至 8 月底仍有大半水田未翻犂，而輪灌田之水稻發育參差不齊。所租農田雖勉強抽取地下水於 7 月底插秧，但每週取樣調查至 9 月下旬（孕穗初）仍未發現稻細蟎，到往年的高峰期（齊穗時）密度平均只有 0.5隻／株，因而藥劑試驗無法進行。

由過去三年在臺南縣蟎害嚴重區（包括六甲、官田、新市及善化），巡迴調查二期稻作細蟎高峰期密度，約略如下：（見次頁）。

由上述調查結果，正可印證過去的推論：即若二期稻作初（6～7月）逢高溫乾旱，則細蟎無法在孕穗期建立高密度，該期作稻細蟎即很難發生嚴害（陳等，1980）。筆者建議，在過去蟎害嚴重區，仍應請改良場人員負起定期調查細蟎密度的任務，以密切監視其大發生可能性，以便儘早採行防治措施，勿因蟎害輕微而忽略。

| 期　作 | 臺南區 | 六甲 | 蟎害程度 |
|---|---|---|---|
| 1978 | 260（隻／株） | 170（隻／株） | 輕 |
| 1979 | 115 | 200 | 輕 |
| 1980 | 5 | 0.5 | 微 |

## 參考文獻


1. 李天翎、周延鑫・1977・稻細蟎爲害水稻之證據。科學發展月刊 5（11）：960—963。
2. 陳秋男、程建中、蘇文瀛、何坤耀・1980・稻細蟎（*Steneotarsonemus spinki* Smiley）之生態與水稻不稔症之關係
   中華植保會刊（22：63—82）。
3. 歐榮東、方新政、曾義雄・1976・爲害水稻稻細蟎之研究。
   中華植保會刊19（1）：21—29。
4. 謝式坪鈺、梁文進、張世英・1977・水稻不稔症原因之探討（一）葉鞘腐敗菌與不稔症之關連初報。中華植保會刊19（1）：30—36。
5. 羅幹成、何琦琛・1977・稻細蟎爲害水稻之初步觀察。
   科學發展月刊 5（4）：274—284。
6. Chen, C. N, C. C. Cheng, and K. C. Hsiao. 1979. Bionomics of *Steneotarsonemus spinki.* attacking rice plants in Taiwan. Recent Adv. Acarol. 1 : 111-117.

# Chemical Control of the Rice Tarsonemid Mite*

Chiou-nan Chen

*Plant Protection Center*
*Wufeng, Taichung, Taiwan 431*
*Republic of China*

## Summary

1. Twenty-four pesticides were tested in the laboratory. No chemicals showed high efficacy. However, effectiveness was much improved when certain emulsifiers were added to pesticides, e. g. Azodrin+Sapogenat T 180 and MIPC+phenylsulfanat CA.

2. Field trials showed that the effectiveness of both ethyl-parathion and endosulfan was about the same, both showing poor control of the rice mite. The proper timing for chemical control should initiate at the active tillering stage till heading and space at no more than 10-day intervals.

3. The rice tarsonemid mite could be found at earlier stages of rice seedling. This might be overlooked by field researchers before because of small samples.

4. Field surveys data seem to bear the conclusion that high temperature and drought conditions during June and July will drastically reduce the probability of an outbreak of this mite.

5. The author would like to suggest that pesticide toxicologists watch for the resistance of the mite to chemicals and improve pesticide formulation for field trials. Whenever possible, field screening of pesticides be conducted to continuously search for effective chemicals. Close in-season field surveillance for earlier detection of the mite's appearance be made routinely by local extension workers with special attention to the seedling stages before and after transplanting during the second crop.

---

* Supported by grants 1980-5.1-080 (3—5) and 1981-5.1-06 (3—4) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 抗不稔症水稻品種篩選試驗*

李　新　傳

高雄區農業改良場

## 摘　　要

結果顯示較抗蟎害品種，計有臺中秈育229號、嘉農秈11號、嘉農秈育13號、高雄選１號、豐錦、蘊早生、Mutsunishiki 等七品種。稻細蟎蟲口數與稔實率呈負相關，與穀殼褐變率，葉鞘褐變率，主梗扭曲率均呈正相關。

## 前　　言

本省嘉南及高屏地區在民國65年第２期水稻發生了不稔症面積竟達17,098公頃（農林廳，1977，1978），經過田間考察研討，獲得不稔症的顯著徵狀爲穀粒變黑褐色，稔實率低，稻穗直立，稻桿扭曲，葉鞘變褐色等等，葉鞘內側及穀粒中有稻細蟎（*Streneotarsonemus spinki*）之蟲體、卵及脫皮殼（李與周，1977；李，1978；何等，1978；周等，1976；歐，1976；謝等，1977；羅與何，1977；蕭與徐，1978；農林廳，1977；簡，1978）。在田間發現品種對於不稔有程度上之差異，據方氏（1979）報告供試水稻稉稻20品種，秈稻11品種，發覺稉稻上的稻細蟎密度比秈稻爲高，不稔症發生程度亦較爲嚴重，又稱民國66～67兩年做品種篩選結果，認爲不稔率較低或稻細蟎密度較少的品種共有嘉農秈11號、嘉農秈育19號、南秈育42號、臺農67號及高雄選１號等，與筆者在66～67兩年所做的品種田間篩選結果相符合，則稻細蟎棲羣密度仍以秈稻爲低，稉稻爲高，較抗的品種共有嘉農秈11號、嘉農秈育13號、嘉農秈育19號、臺中秈５號、臺農67號、花蓮育 116號及高雄選１號等（李，1978•1980），並經推薦在不稔症嚴重地區栽培，以減少不稔症引起的損失（高雄區農業改良場，1977）。

目前水稻發生不稔症面積至爲普遍，稻細蟎棲羣密度也相對的遍及全省各地，據調查不稔症發生面積民國65年爲17,098公頃，民國66年19,149公頃，民國67年爲15,929公頃，致使稻穀損失每年大約２萬公噸，損失率相當可觀，篩選抗不稔症的品種提供在不稔症嚴重發生地區栽培，乃刻不容緩的工作。

## 材料與方法

（一）試驗材料：68年第２期作以新竹育 446號等45個水稻品種爲材料（表１），69年第２期作以臺農67號等29個水稻品種爲材料（表２）於田間栽培試驗。

（二）試驗方法：

1.田間設計：每一品種種植５行，每行30叢，每叢植５支苗，逢機完全區集設計，四重複，行、株距各爲22.5cm，小區面積約 $10m^2$。

2.調查時期及方法：水稻孕穗期及齊穗期，每小區抽樣五叢，每叢２支計10支，用20倍擴大鏡檢視每一葉片葉鞘內側之稻細蟎蟲數（包括卵、成蟲），至成熟期每小區收穫５叢，調查穗數、粒數、千粒重、稔實率、不稔率及穀殼、葉鞘色澤、主梗扭曲程度等。

（三）試驗地點：68年第２期在屏東縣萬丹鄉，69年第２期在高雄縣美濃鎮。

（四）插秧日期：68年第２期爲７月６日，69年第２期爲６月16日

## 結　　果

*行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產—080（３—２）與70農建—5.1—產—06（３—５）。

**表 1. 68年第2期水稻品種稻細蟎發生密度與農藝性狀**

| 代號 | 項別 品種名稱 | 抽穗期 (月/日) | 卵 (個/40支) | 成蟎 (隻/40支) | 平均穗數 (支) | 一穗粒數 (粒) | 千粒重 (公克) | 稔實率 (%) | 上梗扭曲率 (%) | 葉鞘褐變率 (%) | 穀殼褐變率 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 新竹育466號 | 9/19 | 35 | 167 | 10.8 | 81.7 | 26.0 | 86.3 | 11.8 | 36.6 | 8.1 |
| 2 | 臺中育239號 | 9/29 | 9,304 | 10,491 | 10.1 | 65.5 | 27.3 | 75.3 | 34.9 | 37.2 | 19.2 |
| 3 | 臺中秈5號 | 9/29 | 2,602 | 6,028 | 10.0 | 53.3 | 22.0 | 70.4 | 27.7 | 52.4 | 23.8 |
| 4 | 臺中秈育223號 | 9/13 | 242 | 520 | 11.9 | 72.7 | 29.0 | 80.1 | 13.5 | 33.0 | 2.5 |
| 5 | 臺中秈育229號 | 9/12 | 11 | 37 | 11.9 | 86.8 | 26.3 | 91.4 | 7.4 | 29.9 | 2.2 |
| 6 | 臺中秈育281號 | 9/12 | 167 | 115 | 10.1 | 86.6 | 26.0 | 88.9 | 8.0 | 45.9 | 2.8 |
| 7 | 臺中秈試228號 | 9/12 | 210 | 272 | 10.7 | 87.9 | 25.2 | 84.4 | 10.2 | 53.2 | 6.8 |
| 8 | 臺中秈試280號 | 9/14 | 29 | 115 | 11.5 | 75.0 | 30.7 | 81.5 | 7.9 | 40.4 | 2.5 |
| 9 | 臺中秈試281號 | 9/14 | 1,372 | 1,067 | 12.2 | 68.4 | 25.6 | 80.7 | 6.1 | 53.5 | 4.0 |
| 10 | 臺中秈試282號 | 9/12 | 456 | 1,088 | 11.1 | 79.4 | 25.8 | 80.3 | 5.9 | 50.5 | 3.5 |
| 11 | 臺中秈試284號 | 9/14 | 34 | 56 | 10.6 | 95.8 | 26.8 | 86.1 | 7.0 | 52.2 | 2.1 |
| 12 | 臺中秈試285號 | 9/12 | 48 | 84 | 12.3 | 74.0 | 25.9 | 87.1 | 5.6 | 44.4 | 4.6 |
| 13 | 臺中秈試286號 | 9/12 | 59 | 65 | 10.5 | 81.8 | 28.0 | 87.6 | 5.1 | 49.4 | 2.4 |
| 14 | 臺中秈試290號 | 9/12 | 289 | 321 | 11.3 | 69.8 | 26.1 | 79.1 | 10.6 | 55.0 | 1.9 |
| 15 | 嘉農育249號 | 9/14 | 371 | 543 | 10.7 | 71.5 | 26.8 | 84.3 | 18.3 | 32.0 | 4.6 |
| 16 | 嘉農育250號 | 9/12 | 421 | 437 | 12.1 | 65.4 | 27.7 | 79.0 | 11.8 | 28.7 | 10.2 |
| 17 | 嘉農秈11號 | 9/14 | 3 | 85 | 12.4 | 87.8 | 24.8 | 87.8 | 15.5 | 39.9 | 8.0 |
| 18 | 嘉農秈育13號 | 9/14 | 0 | 6 | 11.7 | 74.8 | 28.3 | 88.7 | 12.9 | 55.3 | 2.2 |
| 19 | 嘉農秈育22號 | 9/19 | 184 | 649 | 14.0 | 70.4 | 27.1 | 72.8 | 44.0 | 45.3 | 7.2 |
| 20 | 花蓮育129號 | 9/19 | 829 | 3,444 | 12.8 | 64.1 | 24.5 | 76.5 | 9.8 | 38.9 | 24.4 |
| 21 | 高雄選1號 | 9/5 | 23 | 7 | 13.3 | 66.3 | 24.4 | 83.9 | 8.1 | 31.7 | 3.7 |
| 22 | 高雄育897號 | 9/19 | 3,452 | 2,940 | 10.6 | 87.2 | 24.9 | 83.9 | 12.0 | 39.1 | 8.3 |
| 23 | 高雄育1089號 | 9/20 | 2,176 | 2,762 | 10.0 | 71.8 | 28.0 | 70.6 | 18.0 | 59.5 | 14.0 |
| 24 | 高雄育1143號 | 9/20 | 3,650 | 7,731 | 11.4 | 73.2 | 25.1 | 80.8 | 12.1 | 33.5 | 14.2 |
| 25 | 高雄育1146號 | 9/19 | 3,013 | 4,780 | 11.9 | 68.3 | 24.1 | 75.3 | 17.1 | 45.7 | 11.4 |
| 26 | 高雄育1150號 | 9/19 | 1,304 | 1,975 | 11.5 | 67.7 | 24.7 | 75.5 | 11.7 | 46.1 | 9.7 |
| 27 | 高雄育1152號 | 9/12 | 922 | 1,266 | 12.8 | 67.2 | 24.8 | 94.0 | 8.3 | 39.4 | 1.8 |
| 28 | 高雄育1153號 | 9/14 | 4,669 | 7,817 | 13.1 | 62.8 | 23.8 | 88.0 | 7.5 | 30.8 | 5.7 |
| 29 | 高雄育1154號 | 9/19 | 1,603 | 3,331 | 12.2 | 70.4 | 24.0 | 78.9 | 10.1 | 36.5 | 10.3 |
| 30 | 高雄育1168號 | 9/19 | 7,871 | 8,405 | 12.7 | 63.1 | 26.3 | 75.3 | 9.1 | 49.8 | 3.5 |
| 31 | 高雄育1169號 | 9/19 | 3,196 | 3,790 | 11.6 | 63.3 | 26.2 | 71.6 | 10.5 | 45.3 | 23.9 |
| 32 | 高雄秈7號 | 9/19 | 98 | 112 | 10.7 | 74.0 | 27.0 | 81.3 | 7.5 | 53.3 | 4.6 |

**表 1.** 68年第2期水稻品種稻細蟎發生密度與農藝性狀（續）

| 代號 | 品種名稱 | 抽穗期（月/日） | 卵（個/40支） | 成蟎（隻/40支） | 平均穗數（支） | 一穗粒數（粒） | 千粒重（公克） | 稔實率（%） | 主梗扭曲率（%） | 葉鞘褐變率（%） | 穀殼褐變率（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 33 | 高秈育104號 | 9/29 | 366 | 487 | 12.2 | 65.1 | 24.5 | 65.0 | 29.3 | 38.9 | 7.5 |
| 34 | 高秈育238號 | 9/19 | 166 | 381 | 11.2 | 84.3 | 26.7 | 84.3 | 7.3 | 50.2 | 3.4 |
| 35 | 高秈育252號 | 9/14 | 1,491 | 2,019 | 11.4 | 65.9 | 25.8 | 72.2 | 9.2 | 51.7 | 5.5 |
| 36 | 高糯選1號 | 8/28 | 473 | 13 | 14.9 | 56.1 | 20.9 | 76.3 | 35.2 | 21.9 | 8.3 |
| 37 | 高糯選2號 | 9/14 | 99 | 92 | 10.6 | 69.8 | 25.6 | 72.3 | 21.8 | 42.5 | 28.0 |
| 38 | 高糯選3號 | 9/12 | 403 | 347 | 9.1 | 85.9 | 23.8 | 79.9 | 13.2 | 43.0 | 24.1 |
| 39 | 黃金糯 | 8/28 | 41 | 77 | 15.0 | 48.4 | 20.4 | 74.7 | 23.5 | 18.6 | 9.9 |
| 40 | 豐錦 | 8/28 | 2 | 5 | 15.7 | 62.4 | 23.6 | 90.6 | 13.2 | 19.1 | 4.2 |
| 41 | 轟早生 | 9/5 | 21 | 8 | 15.7 | 54.5 | 22.1 | 83.9 | 20.9 | 16.6 | 6.7 |
| 42 | 珍珠矮11 | 9/5 | 67 | 82 | 11.5 | 63.7 | 23.8 | 76.3 | 7.7 | 18.4 | 9.4 |
| 43 | 矮脚南特 | 9/5 | 23 | 8 | 9.8 | 83.0 | 24.1 | 88.6 | 6.5 | 36.4 | 1.9 |
| 44 | Mutsunishiki | 8/28 | 62 | 2 | 12.6 | 70.0 | 22.8 | 79.4 | 20.3 | 23.7 | 8.4 |
| 45 | Chai-yeh-ching18 | 9/14 | 236 | 463 | 14.4 | 62.4 | 24.1 | 76.7 | 10.5 | 27.2 | 6.8 |

由第一表得知，水稻品種與稻細蟎感受性之關係，根據齊穗期調查，稻細蟎的卵及成蟎均較少的品種計有臺中秈育 229號、嘉農秈11號、嘉農秈育13 號、高雄選1號、豐錦、轟早生、Mustsunishiki 等7品種。至於稻細蟎蟲口數與稔實率呈負相關，其相關係數 R＝0.2838（圖1）。稻細蟎蟲口數對於穀殼褐變率、葉鞘褐變率、主梗扭曲率均呈為正相關，其相關係數分別是 R＝0.3825、0.1638及0.1601（圖2. 3. 4）。

**表 2.** 69年第2期作水稻品種稻細蟎發生密度與農藝性狀

| 代號 | 品種名稱 | 抽穗期（月/日） | 卵（個/10支） | 成蟎（隻/10支） | 平均穗數（支） | 一穗粒數（粒） | 千粒重（公克） | 稔實率（%） | 主梗扭曲率（%） | 葉鞘褐變率（%） | 穀殼褐變率（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 臺農67號 | 8/26 | 28.50 | 27.0 | 13.3 | 85.1 | 25.8 | 81.8 | 5.2 | 7.5 | 11.6 |
| 2 | 嘉農育249號 | 8/23 | 135.0 | 10.25 | 12.9 | 67.2 | 25.6 | 77.7 | 14.6 | 8.9 | 9.2 |
| 3 | 新竹育466號 | 8/27 | 63.0 | 23.25 | 13.6 | 76.4 | 24.7 | 81.7 | 3.5 | 9.1 | 13.6 |
| 4 | 臺中育239號 | 8/30 | 49.0 | 14.0 | 14.5 | 56.6 | 25.1 | 89.1 | 4.5 | 7.0 | 10.2 |
| 5 | 臺中早育227號 | 8/11 | 19.0 | 0.50 | 14.2 | 57.8 | 22.2 | 81.8 | 24.6 | 24.9 | 18.3 |
| 6 | 臺南5號 | 8/31 | 131.75 | 29.75 | 13.2 | 72.0 | 24.5 | 87.5 | 5.3 | 9.1 | 20.3 |
| 7 | 南改育128號 | 8/23 | 36.75 | 4.25 | 13.8 | 66.2 | 25.9 | 87.8 | 8.0 | 13.3 | 10.7 |
| 8 | 臺南早育3號 | 8/17 | 12.75 | 10.75 | 15.4 | 70.0 | 24.4 | 89.3 | 20.5 | 7.1 | 1.5 |

**表 2.** 69年第2期作水稻品種稻細蟎發生密度與農藝性狀（續）

| 代號 | 品種名稱 ＼ 項別 | 抽穗期（月/日） | 卵（個/10支） | 成蟎（隻/10支） | 平均穗數（支） | 一穗粒數（粒） | 千粒重（公克） | 稔實率（%） | 主梗扭曲率（%） | 葉鞘褐變率（%） | 穀殼褐變率（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 臺南早育4號 | 8/16 | 5.25 | 4.75 | 15.0 | 60.5 | 23.1 | 89.2 | 13.9 | 7.4 | 6.6 |
| 10 | 南早32號 | 8/11 | 19.75 | 49.25 | 13.6 | 61.7 | 24.3 | 89.2 | 8.5 | 11.4 | 2.0 |
| 11 | 高雄選1號 | 8/18 | 38.50 | 12.0 | 15.1 | 53.1 | 23.0 | 93.0 | 15.8 | 6.7 | 6.9 |
| 12 | 高雄139號 | 8/31 | 74.75 | 75.25 | 11.1 | 72.0 | 24.0 | 78.9 | 2.7 | 12.1 | 18.9 |
| 13 | 高雄141號 | 8/19 | 15.50 | 15.50 | 14.6 | 57.4 | 23.9 | 91.5 | 5.7 | 4.8 | 7.1 |
| 14 | 高雄育1089號 | 8/25 | 102.0 | 52.0 | 13.0 | 66.7 | 25.0 | 95.1 | 9.8 | 11.2 | 7.7 |
| 15 | 高雄育1143號 | 8/25 | 44.0 | 11.0 | 9.8 | 79.4 | 24.7 | 83.1 | 10.3 | 11.5 | 23.9 |
| 16 | 高雄育1146號 | 8/25 | 18.50 | 27.0 | 13.8 | 69.6 | 23.7 | 89.6 | 7.3 | 7.6 | 7.3 |
| 17 | 高雄育1150號 | 8/25 | 73.75 | 12.50 | 14.5 | 57.6 | 23.0 | 93.0 | 3.0 | 22.0 | 8.0 |
| 18 | 高雄育1153號 | 8/25 | 6.0 | 8.25 | 11.7 | 74.6 | 22.6 | 81.5 | 7.0 | 14.0 | 15.7 |
| 19 | 高雄育1154號 | 8/30 | 39.0 | 45.75 | 12.8 | 66.4 | 21.6 | 76.8 | 12.4 | 21.2 | 34.3 |
| 20 | 高雄育1168號 | 8/27 | 67.50 | 35.0 | 14.3 | 61.3 | 25.0 | 83.7 | 6.6 | 11.3 | 15.3 |
| 21 | 花蓮育129號 | 8/25 | 52.50 | 12.0 | 13.0 | 65.8 | 25.0 | 88.3 | 6.5 | 14.6 | 20.2 |
| 22 | 臺東育312號 | 8/25 | 12.50 | 16.50 | 15.8 | 52.2 | 24.3 | 90.0 | 15.5 | 23.7 | 10.8 |
| 23 | 豐　錦 | 8/11 | 10.50 | 1.50 | 17.3 | 58.5 | 22.2 | 87.5 | 21.5 | 26.2 | 6.4 |
| 24 | 臺早生 | 8/14 | 31.0 | 7.0 | 17.6 | 57.3 | 20.6 | 85.3 | 20.4 | 56.7 | 6.7 |
| 25 | 珍珠矮11 | 8/16 | 51.75 | 2.75 | 13.2 | 78.5 | 24.1 | 86.1 | 5.6 | 10.2 | 1.6 |
| 26 | 矮腳南特 | 8/18 | 17.50 | 3.0 | 13.0 | 77.6 | 25.2 | 81.4 | 6.6 | 2.3 | 0.5 |
| 27 | 秋　光 | 8/7 | 2.25 | 0.50 | 13.7 | 59.9 | 23.6 | 80.7 | 39.9 | 23.6 | 11.3 |
| 28 | Chai-yeh-ching18 | 8/27 | 130.50 | 31.0 | 15.0 | 75.4 | 26.4 | 79.6 | 10.5 | 16.4 | 3.8 |
| 29 | 高雄秈7號 | 8/31 | 8.50 | 9.75 | 13.1 | 77.5 | 26.6 | 85.0 | 1.8 | 7.7 | 3.9 |

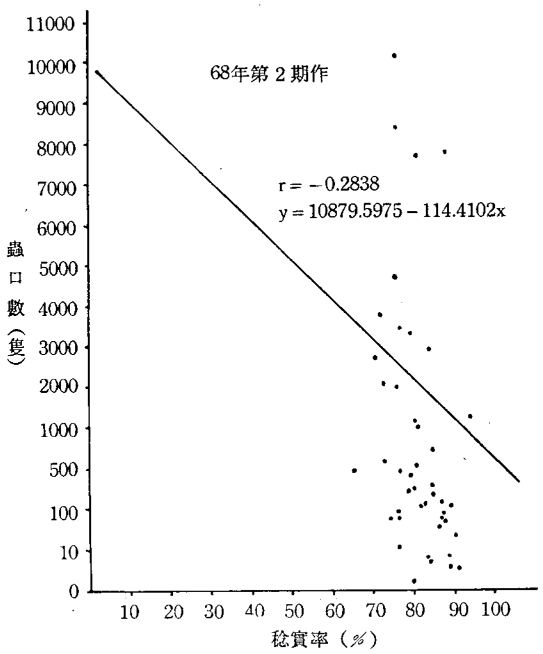



圖 1. 水稻稻細蟎之蟲口數與稔實率之相關

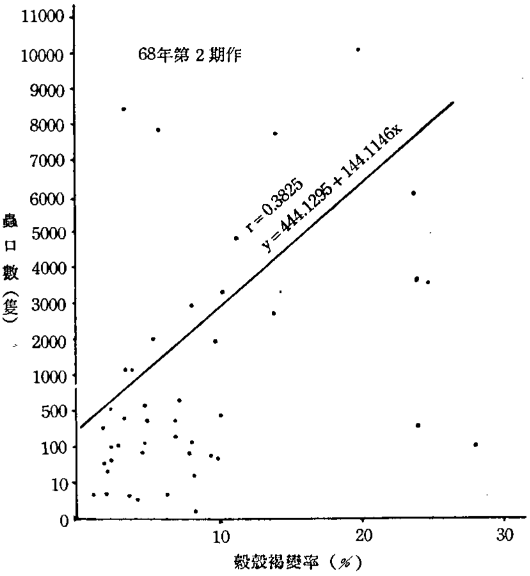



圖 2. 水稻稻細蟎之蟲口數與穀殼褐變率之相關

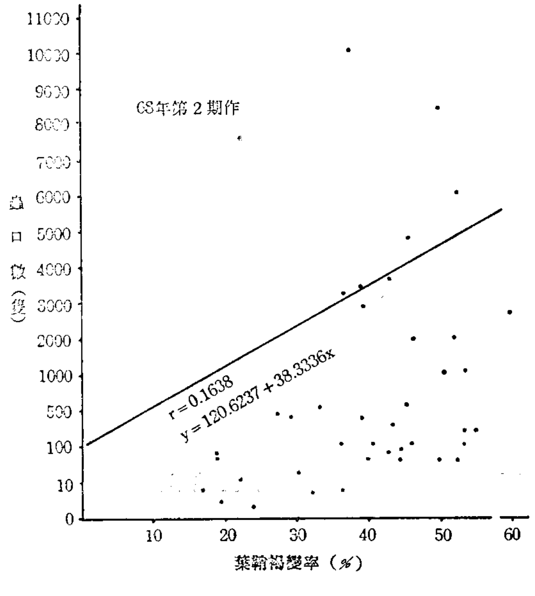



圖 3. 水稻稻細蟎之蟲口數與葉鞘褐變率之相關

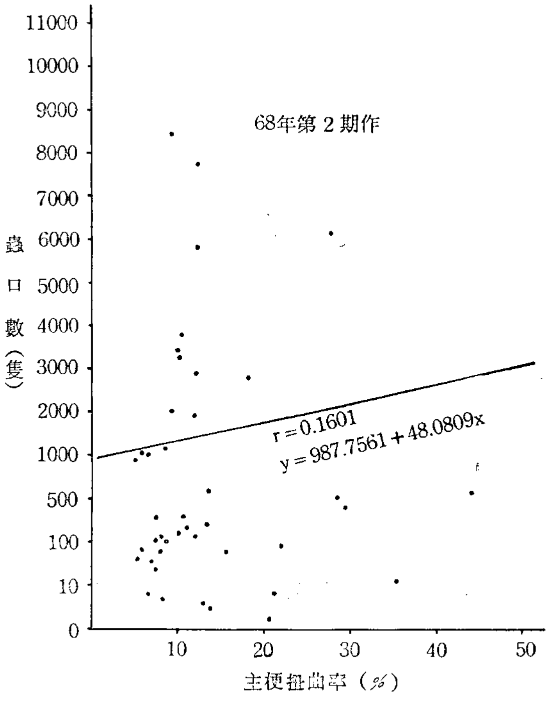



圖 4. 水稻稻細蟎之蟲口數與主梗扭曲率之相關

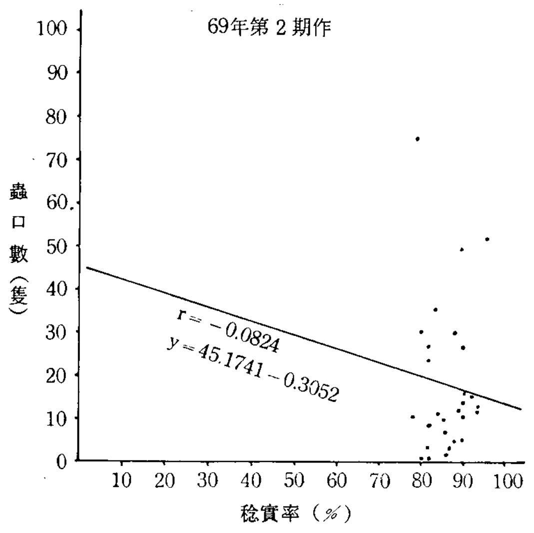



圖 5. 水稻稻細蟎之蟲口數與稔實率之相關

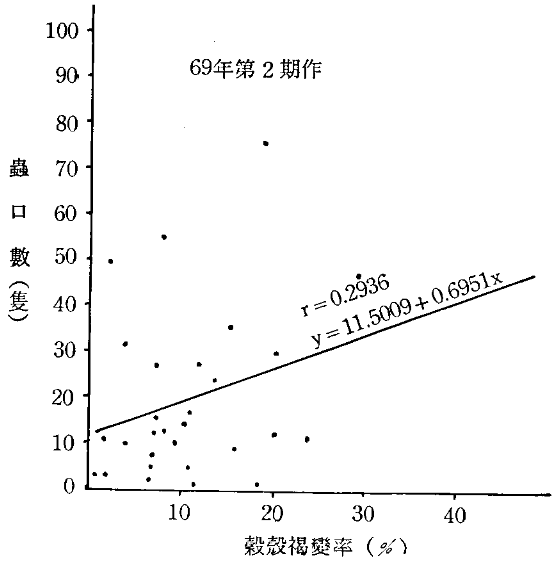



圖 6. 水稻稻細蟎之蟲口數與穀殼褐變率之相關

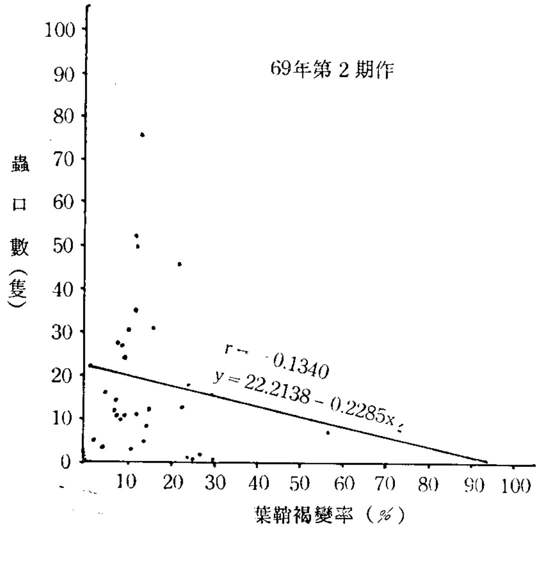



圖 7. 水稻稻細蟎之蟲口數與葉鞘褐變率之相關

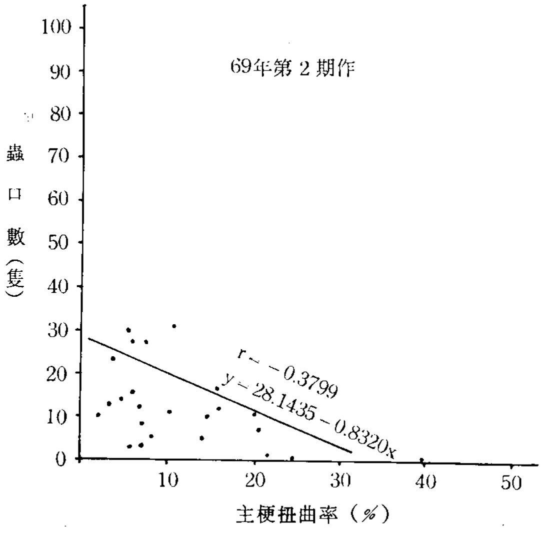



圖8.水稻稻細蟎之蟲口數與主梗扭曲率之相關

經過田間篩選結果，在齊穗期調查各品種稻細蟎發生密度普遍以卵比成蟎爲高，其比爲７：３。卵數最低爲秋光、臺南早育４號、高雄育1153號、高雄秈７號等，一株卵數均在１個以下，最高品種爲嘉農育 249號、臺南５號、Chai-yeh-ching 18等，在13.5～13個之間。成蟎數較高品種爲南早32號、高雄139號、高雄育 1089號、1154號等，一株蟲數在4.5～7.5隻之間，其他各品種則在 3.5隻以下。因爲各品種稻細蟎發生密度甚低，未達爲害界線，因而不致使水稻品種產生不稔症，更難識別品種間之抗蟎害程度。

至於稻細蟎蟲口數與稔實率呈負相關，相關係數 R＝0.0824（圖５），稻細蟎蟲口數與葉鞘褐變率及主梗扭曲率亦呈負相關，其相關係數分別爲R＝0.2936及R＝0.1340（圖 7. 8），此種現象可能因各品種稻細蟎發生密度很低所致。稻細蟎蟲口數與穀殼褐變率呈正相關，相關係數 R＝0.2936（圖６）。

## 討　　論

本研究工作由民國66年起創辦，至民國69年結束，共辦理四年，四年來所得結果，品種間稻細蟎的感受性顯有差別，仍以秈稻比粳稻爲抗。當民國65年第２期水稻不稔症嚴重時，在高屏地區47個鄉鎮市區作初步調查結果，品種間之稔實率差異很大，且與稻細蟎棲息密度有關(高雄區農業改良場，1977)，民國65年在竹田、萬丹及美濃三處進行29品種的田間篩選結果，以秈稻比粳稻感受性爲小，其中以高雄選１號、新竹57號、臺東27號、嘉農秈11號、新竹矮腳尖與 GR-1等６品種較穩定，並經技術小組討論通過推薦高雄選１號、及嘉農秈11號供不稔症嚴重發生區域栽培。民國67年在萬丹及內埔兩處辦理30品種的田間篩選結果，與民國66年試驗結果很相近，較抗蟎害不稔症品種爲高雄選１號、臺中秈５號及嘉農秈11號，並經推薦於發生不稔症地區栽培（農林廳，1977、1978、1979）。民國68年仍在萬丹一處辦理 45 品種的田間篩選試驗結果，對於稻細蟎較抗品種計有臺中秈育 229號、嘉農秈11號、嘉農秈育 13 號、高雄選１號、豐錦、藤早生、Mutsunishiki 等７品種。經分析結果，稻細蟎蟲口數與稔實率呈負相關外，對於穀殼褐變率、葉鞘褐變率及主梗扭曲率均成正相關。民國69年在美濃一處辦理29品種的田間篩選結果，因是年不稔症普遍減少，以致稻細蟎棲羣密度也很低，無從判別品種間之感受性，據查卵數比成蟎數爲多，其比例爲７：３。卵數最少水稻 1 株不及 1 個，最多13.5個，成蟎最多一株水稻 7.5隻，故不構成水稻不稔。稻細蟎之蟲口數對於稔實率、葉鞘褐變率及主梗扭曲率均呈負相關，可能因爲稻細蟎密度太少，調查未能正確表達相關關係，對於穀殼褐變則成正相關。

## 誌　　謝

本研究承行政院農業發展委員會古德業博士、邱人璋博士及臺灣植物保護中心陳秋男博士鼎力指導，以及本場各同仁之協助，文成後承蘇智勇博士指正，謹此一併致深謝忱。

## 引用文獻

1. 方新政。1977。稻細蟎與不稔症關係探討。植物保護學會六十六年度論文摘要。
2. 方新政。1978。水稻不稔症與稻細蟎關係研究。臺灣農業季刊14：88～91。
3. 方新政。1979。水稻不稔症之發生原因及其防治。六十八年度農牧生產會議小組專題討論。
4. 李天翎、周延鑫。1977。稻細蟎爲害水稻之證據，科學發展刊月５：960～963。
5. 李新傳。1978。水稻稻細蟎田間觀察，水稻抗性品種篩選及藥劑防治試驗，行政院國家科學委員會六十七年度研究獎助報告。
6. 李新傳。1980。抗蟎害不稔症水稻品種田間篩選試驗。植物保護學會會刊22：91～100。
7. 何琦琛、羅幹成、陳瑞慈。1978。水稻品種對稻細蟎抗性比較試驗。植物保護學會會刊六十七年度論文摘要。
8. 周延鑫、李天翎、鄔宏潘、謝克昌、王重雄。1976。二期作水稻之蟎害調查。科學發展月刊４：38～43。
9. 歐榮東。1976。臺南地區水稻不稔症之探討。興農92：６～７。
10. 謝式坪鉦、梁文進、張世英。1977。水稻不稔症原因之探討。植保會刊 19：30～36。
11. 羅幹成、何琦琛。1977。稻細蟎爲害水稻之初步調查。科學發展月刊５：274～284。

12.蕭榮福、徐茂樟。1978。臺灣農作物主要病蟲害問題，臺灣農業14：84～98。
13.農林廳。1977。六十六年水稻不稔症初步研究結果與防治參考方法。
14.農林廳。1976、1977、1978。臺灣省植物保護工作總報告。
15.農林廳。1977、1978。水稻不稔症研究概況及防治措施。
16.農林廳。1978。水稻不稔症防治藥劑田間試驗及抗不稔症品種田間篩選結果觀摩檢討會紀錄。
17.簡錦忠。1978。臺灣一、二期作稻病害發生情形及其產量之影響。行政院國家科學委員會研討會專集(二)179～189。
18.高雄區農業改良場。1977。六十六年水稻不稔症綜合防治研究報告。
19.高雄區農業改良場。1977。高屏地區水稻不稔症原因調查報告。
20.高雄區農業改良場。1977。高屏地區水稻不稔症原因初步調查。

# Screening for Varietal Resistance to Rice Sterilirt Caused by Tarsonemid Mite*

S. C. Lee

*Kaohsiung District Agricultural Improvement Station*
*Pingtung, Taiwan 900*
*Republic of China*

## Summary

Forty five rice varieties/lines were tested in the second crop of 1979 and 29 varieties/lines were tested in the second crop of 1980 for their responses to tarsonemid mite. Seven varieties, i. e., Taichung sen 229, Chianung sen 11, Chianung sen yu 13, Kaohsiung S. 1, Toyonishiki, Todorokiwase and Mutsunishiki were considered resistant to the infection of mites. There was a negative correlation between the percentage of filled grain and mite population per plant. Positive correlations were observed between mite population and the percentage of hull browning, sheath browning and the degree of twisted panicle axis.

Supported by grants 1980-5.1-080 (3—2) and 1981-5.1-06 (3—5) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 稻葉鞘腐敗病菌生理及生態研究*

簡 錦 忠、曾 方 明

臺灣省農業試驗所植物病理系

## 摘 要

稻葉鞘腐敗病菌AO-3自典型稻葉鞘腐敗病病斑上，而AO-1係自不稔稻褐變葉鞘分離所得。兩種菌株在五種不同培養基上之生長，AO-1在稻藁培養基上之生長最佳，而AO-3則於玉米培養基上之生長最優。在五種常見的氮化合物中，AO-1以在硝酸鉀，AO-3在硝酸鈉上之生長最好。在不同碳素源中，兩種菌株均在蔗糖上之生長最優，又最適pH範圍為5.5～7.0；典型葉鞘腐敗病菌菌株（AO-3）之生長情形一般皆比自不稔稻分離的菌株（AO-1）為佳。

二菌株對九種作物或雜草之病原性，如果經刺傷接種法則在刺傷部位呈褐色不擴展的斑點（小麥、高粱、稗子、牛筋草、狗牙根），在無刺傷接種法則均無病徵出現。

## 前 言

水稻不稔症於民國65年，發生在本省中南部，嚴重的影響水稻產量（方，1976；謝等，1977）。經研究結果認為稻不稔症，係稻細蟎及葉鞘腐敗病菌共同寄生危害所致。有關稻葉鞘腐敗病過去並非很重要的病害（陳與簡，1964；田杉與池田，1956；澤田，1922），但最近該病害在其他產米國家亦有增加的趨勢（Amin, 1976；Estrada *et al.*, 1979；Shahjahan *et al.*, 1977）。稻葉鞘腐敗病的典型病徵為劍葉葉鞘上形成褐色虎斑，中央呈灰白色，邊緣褐色，無法抽穗或只部份抽出。但稻不稔症之病株，抽穗前較難看出病徵，在抽穗後稻穗直立而不飽滿，劍葉葉鞘外觀有褐變或無，有的病株剖開劍葉葉鞘，內部有褐色斑塊，節上常長鬚根（謝與何，1979），又其葉鞘較鬆，稻莖常呈彎曲狀。自典型病斑或不稔病株分離皆可獲得葉鞘腐敗病菌，然因其病徵不同，兩者之間的病原性，產胞量（謝與許，1979），或最適生長溫度（簡與黃，1979），均有顯著的差異，而該病菌可能具分化的現象（陳，1957）。故本研究目的將探討典型與不稔症病株所分離的葉鞘腐敗病菌，比較生理特性及對其他植物的致病性。

## 材料及方法

一、病原菌的分離：菌株AO-1自不稔稻（劍葉）之葉鞘褐變部位，菌株AO-3自葉鞘腐敗病典型病斑分離所得。

二、病原菌的生理研究：將菌株AO-1及AO-3在PDA中照光培養，二星期後利用打孔器取5mm大小的菌絲塊作為接種源，接種在①不同培養基：稻藁煎汁培養基（稻藁100g、蔗糖20g、蒸餾水1,000ml），馬鈴薯培養基（馬鈴薯200g、蔗糖20g、蒸餾水1,000ml），玉米培養基（玉米200g、蔗糖20g、蒸餾水1,000ml），胡蘿蔔培養基（胡蘿蔔200g、蔗糖20g、蒸餾水1,000ml），及大豆培養基（大豆100g、蔗糖20g、蒸餾水1,000ml）。②不同氮素源：基礎培養基採用Czapek's solution agar。該基礎培養基1,000ml中加入常用之含氮化合物，硝酸鉀（$KNO_3$）2.38g，硝酸鈉（$NaNO_3$）2.0g，硫酸銨〔$(NH_4)_2SO_4$〕1.55g，氯化銨($NH_4Cl$)1.26g，尿素〔$CO(NH_2)_2$〕0.71g

*行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產—080（3—7）

。③不同碳素源：基礎培養基乃採用 Czapek's solution agar，該培養基1,000ml中加入常用之含碳化合物，蔗糖(Sucrose)30g，甘油 (Glycerine) 32.3ml，可溶性澱粉 (soluble starch) 28.4g。④不同pH值：以PDA爲基礎培養基，將其pH值調整爲3.5，4.0，4.5，5.0，5.5，6.0，6.5，7.0，7.5，8.0，8.5 等階段。每一培養皿倒入 15ml 作成平板，每皿之中央位置移殖上述接種源，每處理重複5皿，然後置於 28°C 定溫箱內，每二天測菌落之兩交叉直徑，以求其平均值。

三、病原菌對稻以外植物的致病性：本試驗所用的植物有玉米 (*Zea mays* L.)，小麥 (*Triticum aesticum* L.)，高粱 (*Sorghum vulgare* Pers.)，稗子 (*Echinochlora crus-galli* var *praticola* Ohwi)，牛筋草 (*Eleusine indica* Caertn)，小葉灰藋 (*Chenopodium ficifolium* Sm.)，球花蘋草 (*Cyperus difformis* L.)，香附子 (*Cyperus rotundus* L.) 及狗牙根 (*Cynodon dactylon*(L.) Pers.)。接種方法爲將照光培養14天的病原菌製成胞子懸浮液（胞子濃度爲 $2\times10^7$cells/ml）噴灑於植物體上，接種時葉鞘分別用針刺傷及無刺傷兩種處理，對照處理則噴無菌水。接種後將供試植物移置於接種箱 (28～32°C) 內，保持濕度二天後，再移於溫室中觀察。

## 結　果

一、稻葉鞘腐敗病菌的生理研究

(一) 不同培養基對病菌生長之影響：菌株 AO-1 及 AO-3 在五種不同培養基上的生長情形（圖1），菌株 AO-1 在稻藁培養基上培養14天的菌落直徑大小爲 3.60cm，生長最佳，在玉米培養基上的菌落爲 2.97cm，馬鈴薯培養基上的菌落爲 2.65cm 而在大豆培養基上的生長最差，只有 2.50cm。菌株AO-3在玉米及稻藁培養基上的菌落直徑分別爲4.29cm及 4.21cm，大豆及胡蘿蔔培養基分別爲3.67cm及 3.88cm，而在馬鈴薯培養基上的生長最差，只有3.12cm。

(二) 不同氮素源對病菌生長之影響：氮素源採用五種常用的氮化合物。二菌株在 $KNO_3$, $NaNO_3$, $CO(NH_2)_2$ 中生長較佳，在 $(NH_4)_2SO_4$ 及 $NH_4Cl$ 二種氮素源中生長較差。菌株 AO-1 在 $KNO_3$ 上14天的菌落直徑爲 3.69cm 最好，而在 $NH_4Cl$ 之菌落直徑只有 2.50cm 生長最差；菌株 AO-3在 $NaNO_3$ 之菌落直徑爲 4.45cm，生長最佳，而在 $(NH_4)_2SO_4$ 上生長最不良，菌落只有2.63cm（圖2）。

(三) 不同碳素源對病菌生長之影響：本試驗採用三種碳素源，菌株AO-1 在三種碳水化合物中之生長情形，以Sucrose最佳，soluble starch次之，Glycerine最差。菌株AO-3亦以Sucrose上生長最好，而在Glycerine上較 soluble starch 爲佳（圖3）。

(四) 不同 pH 值對病菌生長之影響：爲了解此二菌株在不同 pH 值下生長情形，調配3.5至8.5等11階段pH的培養基。二菌株在此11階段不同pH值中的生長情形如圖4所示。即二菌株生長之迴歸方程式及相關係數，AO-1 爲 $Y=-5.4+2.8x-0.2x^2$, $|R|=0.9290$；AO-3 爲 $Y=-8.2+3.9x-0.3x^2$, $|R|=0.8925$ 由此可知二菌株之生長情形隨pH值之上升而生長越佳，至 pH 值6.5時達最高峰，而後漸次下降，故其適合pH值約在5.5～7.0之間，過酸或過鹼皆不適本病菌之生長。

二、植物對稻葉鞘腐敗病菌之感受性測定：爲了解田間常見之作物及雜草對本病菌之感受性，本試驗選擇玉米等九種作物及雜草爲供試植物。發現在刺傷接種法中，除玉米、球花蘋草、香附子、小葉灰藋，在刺傷部位不變褐色外，其他供試植物在接種24小時後，刺傷部位開始褐化，於48小時後呈針狀褐色斑點，以後該斑點並不擴展；無刺傷接種及對照區，則無任何褐化現象。用二種接種法的植物之花軸照常抽出，不受接種的影響。

## 討　論

自典型葉鞘腐敗病斑上(AO-3) 及自不稔稻病株葉鞘褐變部位(AO-1)分離所得的 *Sarocladium oryzae* (Saw.) Gams & Hawksw. (=*Acrocylindrium oryzae* Saw.)，經照光培養後AO-3 較 AO-1 之菌絲顏色爲深，產胞量亦多。陳氏 (1957) 測定外表型顯著差異的四種菌株，對氮素源利用的情形，各菌株在$NaNO_3$ 及 $KNO_3$ 上的菌絲乾重量最好，而在 $(NH_4)_2SO_4$及$NH_4Cl$ 上較差。而謝與許(1979)指出典型及不稔稻株分離到的葉鞘腐敗

病菌對氮素源的利用情形差異甚大。由本試驗結果得知菌株AO-1 對氮素源的利用以 $KNO_3$最好，而AO-3則以 $NaNO_3$ 最佳，二菌株均以 $(NH_4)_2SO_4$ 的利用最差。在不同培養基或氮素源上的菌絲爲白色且較緻密，但在三種碳素源上的菌落，雖然蔓延迅速，但氣生菌絲很少，由陳 (1957) 及謝與許 (1979) 報告中可見其菌株在碳素源上生長良好，但在氮素源上較差，由此推測本病原菌可利用的主要營養成分爲氮素源。五種不同培養基中，亦含有氮素源，故二菌株生長亦相當良好，碳素源對此病原

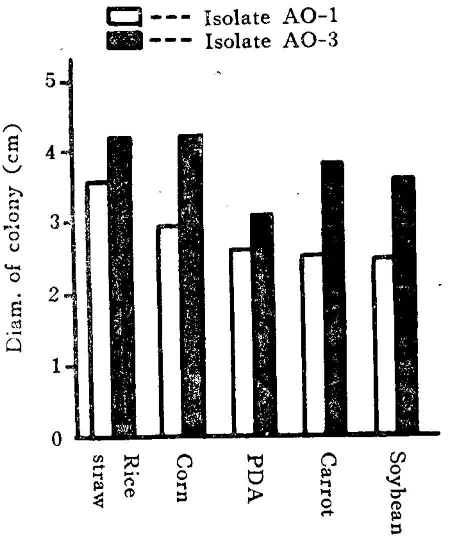



**Fig. 1.** Growth rates of 2 isolates of *S. oryzae* at different kinds of media 14 days after culturing

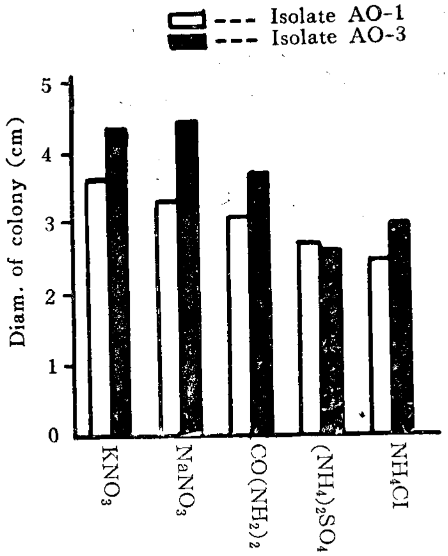



**Fig. 2.** The effect of nitrogen sources on the growth of 2 isolates of *S. oryzae* incubated at 28C for 14 days.

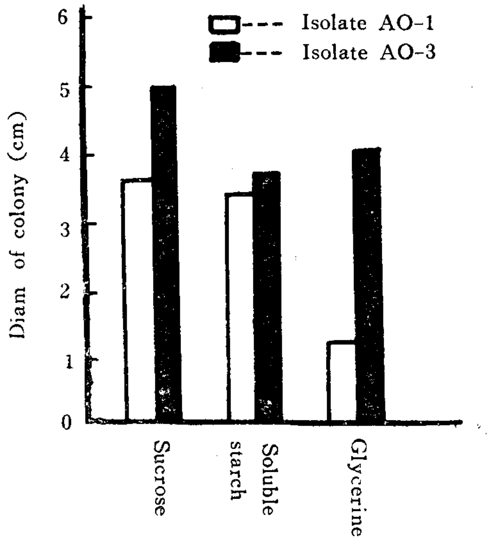



**Fig. 3.** The effect of carbon sources on the growth of 2 isolates of *S. oryzae* incubated at 28C for 14 days.

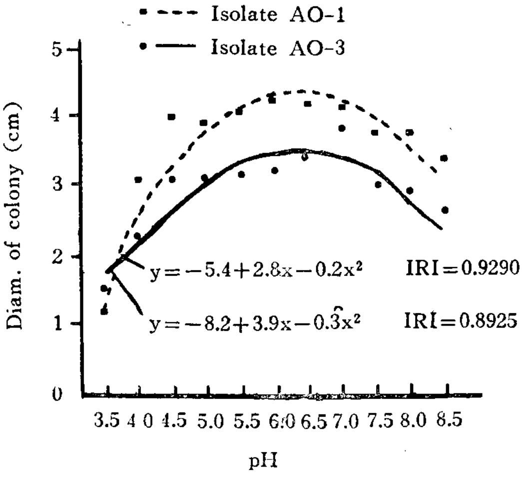



**Fig. 4.** The effect of pH value on the growth of 2 isolates of *S. oryzae* on PDA incubated at 28C for 14 days.

菌似不太重要。此二菌株之最適生長pH爲5.5～7.0 之間，過酸或過鹼皆不適其生長，此結果與陳（1957）的報告頗一致。典型葉鞘腐敗病分離所得菌株 AO-3之生長情形一般比自不稔稻分離所得菌株AO-1較佳。

不同植物對葉鞘腐敗病菌之感病性反應，於刺傷接種法中，其刺傷部位，雖呈現褐化現象，但其生育仍不受影響，無刺傷接種法均無斑點出現，以胞子懸浮液接種於植物體上的結果，與陳（1957）認爲本病菌爲單主寄生（monoxenie）一致。

## 引用文獻


1. 方新政。1976。水稻不稔症之初步探討（I）。臺南區農業改良場報告：1—3。
2. 陳其昌、簡錦忠。1964。稻葉鞘腐敗病發生之觀察。農業研究 13（2）：39—45。
3. 陳脉紀。1957。稻葉鞘腐敗病之研究。農林學報 1（4）：1—19。
4. 謝式坪鈺、梁文進、張世英。1977。水稻不稔症原因之探討 1.葉鞘腐敗病與不稔症之關連初報。植保會刊 19（1）：30—36。
5. 謝式坪鈺、許美芳。1979。水稻不稔症原因之探討 3.水稻葉鞘腐敗病菌之生理及其不稔症之關連。研究報告（油印）。
6. 謝式坪鈺、何錦璋。1979。水稻葉鞘腐敗病菌所引起之病徵。中華植保學會，民國68年年會論文摘要 18。
7. 簡錦忠、黃秋雄。1979。稻葉鞘腐敗病與不稔症發生之關係。中華農業研究 28（1）：7—16。
8. 田杉平司、池田義夫。1956。稻葉鞘腐敗病に關する研究。日農研報C（16）：151—160。
9. 澤田兼吉。1922。臺灣產菌類調查報告第二篇。臺灣總督府中央研究所農業部報告 2：135—136。
10. Amin, K. S. 1976. Sources of resistance to Acrocylindrium sheath-rot of rice. Plant Dis. Reptr. 60 72-73.
11. Estrada, B. A., L. M. Sanahez and Pat Crill. 1979. Evaluation of screening methods for sheath rot resistance of rice. Plant Dis. Reptr. 63 : 908-991.
12. Shahjahan, A. K. M., Z. Harahap and M. C. Rush. 1977. Sheath rot of rice caused by *Acrocylindrium oryzae* in Louisiana. Plant Dis. Reptr. 61 : 307-310.


# Physiological and biological studies of rice sheath rot pathogen*


C. C. Chien and F. M. Thseng

*Department of Plant Pathology*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Wufeng, Taichung, Taiwan 431*
*Republic of China*


## Summary


Sheath rot pathogen AO-3 was isolated from typical lesion of rice sheath rot, AO-1 was from brown tissue of sterile rice sheath. Among the five media test, rice straw agar was the best one for the growth of AO-1 and corn agar was for AO-3 while in the five nitrogen sources tests, $KNO_3$ was the best one for the growth of AO-1 and $NaNO_3$ was for AO-3. Favorable carbon source was sucrose and optimun pH range was 5.5-7.0 for the growth of both isolates. The growth rate of AO-3 was better than AO-1 in all media used in the study. Both isolates failed to establish the disease on 9 kinds of plants.



*Supported by a grant 1980-5.1-080 (3—7) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 稻品種與株齡對葉鞘腐敗病之感染性*

簡錦忠、曾方明

臺灣省農業試驗所植物病理系

## 摘要

自典型葉鞘腐敗病病斑分離得菌株 AO-3，另自不稔稻褐變葉鞘上分離得菌株 AO-1；單獨或混合接種於不同株齡之臺農67號稻株結果，以孕穗期發病最嚴重。在田間人工接種17個水稻品種之感染穗率、不稔率及穀殼褐化率，品種間差異甚大，秈稻較粳稻爲高，而臺農61號則最低。水稻之感染穗率、不稔率及穀殼褐化率之相關甚高。田間及溫室中單獨或混合接種，顯示二菌株之病原性並無差異。

## 前言

稻葉鞘腐敗病，最初由澤田氏在1920年於臺北市郊發現，並於1922年記載，其典型徵狀爲劍葉葉鞘上形成褐色虎斑，中央呈灰白色，邊緣褐色，無法抽穗或只部分抽出。以後因被害程度輕微，一直被認爲非主要病害。1976年第二期作，本省南部水稻發生不稔症現象（方，1976），主要病徵爲抽穗後稻穗直立而不飽滿，劍葉葉鞘外觀有褐變或無，有些病株剖開劍葉葉鞘內部有褐色斑塊，節上常有鬚根，此種不稔現象認爲係由稻細蟎（*Steneotasonemus spinki*）及稻葉鞘腐敗病菌（*Sarocladium oryzae*=*Acrocylindrium oryzae*）兩者共同寄生所致（謝等，1977）。但如果將葉鞘腐敗病菌單獨接種，不稔性之比率很高（簡與黃，1979），1979年第二期作在臺南縣將軍鄉曾發現稻葉鞘腐敗病在稻細蟎密度很低或無的情形下，出現頗嚴重之不稔現象（謝與何，1979）。

據高雄區農改場（1977）觀察稻品種對稻細蟎之抗病性結果，一般秈稻比粳稻上之細蟎密度較低。品種間差異頗大。另在自然環境下調查結果，稻品種對葉鞘腐敗病之罹病程度差異頗大，又一般秈稻羣內比粳稻羣內之品種對葉鞘腐敗病（呈典型病斑）之感病性品種較多（陳與簡，1964）。但如果將呈典型病斑及變色葉鞘（不稔症被害稻莖）合併看之，即粳稻比秈稻似佔多數（簡，1980）。因此本試驗欲探討一、葉鞘腐敗病菌是否能在抽穗期以外的時期爲害稻株之其他部分。二、稻品種間對葉鞘腐敗病之感病程度。俾供防治上之依據。

## 材料與方法

### 一、材料：

（一）病原菌之準備：接種用病原菌株有二，（一）自不稔稻株葉鞘變褐色部位（AO-1）及（二）由典型葉鞘腐敗病病斑（AO-3）分離所得。接種前移植於 PDA 繁殖，照光培養 12—14 天（28°C）後，做成胞子懸浮液，其胞子濃度調製爲 $10^7$個／ml 供人工接種之用。

（二）供試稻種：臺農67號、臺農61號、臺中65號、臺中 181號、臺中系比 33號、臺南 1 號、高雄10號、臺北 309 號、嘉南 8 號、高雄大粒清油、Chugoku 45、Custugulcul、DV 85、IR 8、IR

---

*行政院農業發展委員會補助計畫70農建—5.1—產—06（3—6）。

36、Java 14 及 Natala 等17個品種。

二、方法：

（一）在溫室內種植臺農67號、每盆插植2叢，每叢5支苗。自插秧後35天開始行人工接種，每隔七天接種一次。處理分爲 AO-1、AO-3 單獨及兩者混合接種，另設注射蒸餾水及無注射組作爲對照。接種方法係用上述胞子懸浮液或蒸餾水，以注射筒注射針刺入稻莖的下部，向上注入胞子懸浮液，使該液自心葉溢出爲止，每次接種10莖，然後放置於接種室內，保持適當濕度2天，而後再搬回溫室內。處理後稻株生長至黃熟期，調查感染穗率、不稔率及穀殼褐化率，以探討不同稻齡對葉鞘腐敗病菌之罹病程度。並於田間種植臺農67號等17個品種，行距 22.5×22.5cm，依一般栽培法管理，在孕穗期選生育均勻的稻莖行人工接種，每處理每品種接種20莖，其處理別，接種及調查方法與溫室內操作者相同。

（二）感染穗率、不稔率及穀殼褐化率按下列公式計算：

$$\text{感染穗率}(\%)=\frac{0n_1+1n_2+2n_3+3n_4+4n_5+5n_6}{5N}\times 100$$

註：N＝調查總莖數。

$n_1$＝稻穗完全抽出，葉鞘上僅一點或無褐斑之莖數。

$n_2$＝稻穗完全抽出，葉鞘上褐斑，蔓延長度3cm左右之莖數。

$n_3$＝稻穗完全抽出，葉鞘上褐斑面積佔葉鞘$\frac{1}{4}$以上之莖數。

$n_4$＝稻穗抽出一半，且褐斑面積佔葉鞘$\frac{1}{4}$以下之莖數。

$n_5$＝稻穗抽出一半，且褐斑面積佔葉鞘$\frac{1}{4}$以上之莖數。

$n_6$＝稻穗不能抽出，葉鞘大部分變褐之莖數。

不稔率（%）＝（不稔粒數／調查總粒數）×100

穀殼褐化率（%）＝（褐斑粒數／調查總粒數）×100

## 結　果

**一、不同稻齡對葉鞘腐敗病菌之感病情形：**

由圖一所示，自插秧後第35天至第49天，無論接種病原菌或對照組之植株感染穗率、不稔率及穀殼褐化率並無差異。但插秧後第56天起，除無處理區外，各處理之感染穗率等漸增，至第63天（孕穗期）達最高峰，接種 AO-1 之感染穗率、不稔率及穀殼褐化率分別爲64.50、50.76 及 81.96%；接種 AO-3 爲 60.30、54.99 及 76.00%；而 AO-1 及 AO-3 混合接種時則爲 62.21、57.25及79.00%；注射蒸餾水者爲 34.10、25.31及43.59%；無處理區爲7.30、7.11 及 10.21%。無論典型葉鞘腐敗病病斑分離之菌株 AO-3，不稔稻株分離之菌株AO-1 或 AO-1、AO-3 二菌株之混合液對水稻之致病力差異不大；對照組中注射蒸餾水者較無處理區之感病程度嚴重；第70天接種者在接種時大部分稻株皆已抽穗，故感染率等急劇下降。由以上結果獲知水稻在孕穗期，被葉鞘腐敗病菌感染對發病及穀粒之品質影響最大，而孕穗期前感染者影響較小。

**二、稻品種對葉鞘腐敗病感病程度之測定：**

供試稻種計17個品種接種後之感染穗率、不稔率及穀殼褐化率，以複因子試驗分析結果，發現病原菌與品種間之交感作用較病原菌間或品種間之作用小，換言之即病原菌間之致病性及品種間之抗病性有很大差異，今將此二項分別申述如下：

（一）不同菌株對水稻之感染穗率、稔實性及穀殼褐化率之影響：

供試稻品種中以接種病原菌（AO-1, AO-3單獨或混合接種）的植株之感染穗率、不稔率及穀殼褐化率（表一），較無接種病原菌之二對照組（注射蒸餾水及無接種區）爲高。經 AO-1、AO-3 單獨或混合接種的植株之感染穗率及不稔率並無差異。但接種 AO-3 的植株之穀殼褐化率顯著的較接種 AO-1 或 AO-1 及 AO-3 混合之植株爲高。在對照組中除不稔率無差異外，注射蒸餾水的植株較無處理區發病爲多。由表二獲知感染穗率與不稔率及穀殼褐化率之間或不稔率與穀殼褐化率之間呈正相關；即感病植株之感染穗率高時，其不稔率與穀殼褐化率亦高，反之亦是。可知不稔率、穀殼褐化率及感染穗率三者間具密切關係。

（二）不同品種對葉鞘腐敗病之抗、感病程度測定：

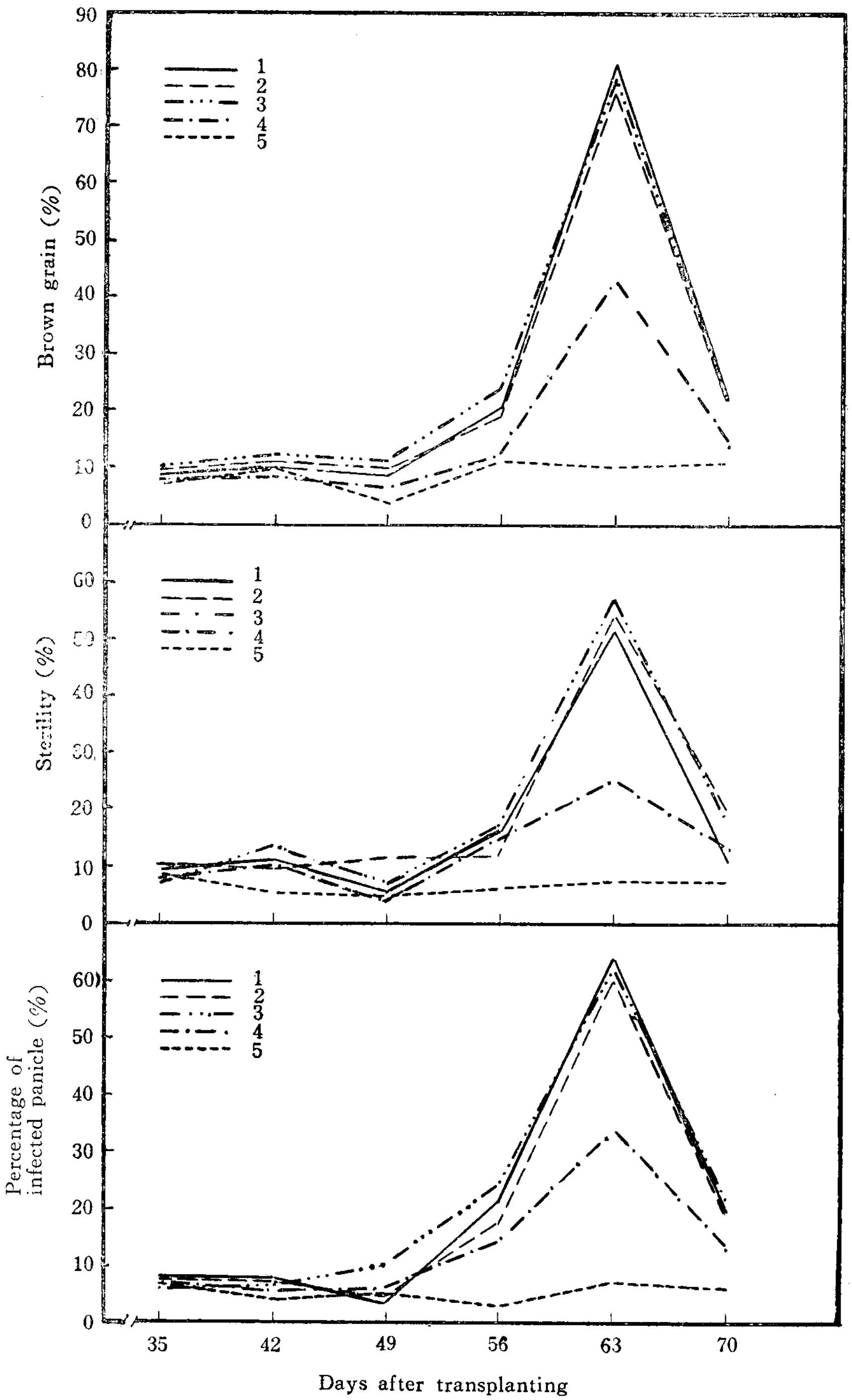



**Fig. 1.** Percentage of infected panicles, sterility and brown grains of rice plants in different growing stage infected by isolates of *Sarocladium oryzae*. 1=Isolate AO-1, 2=Isolate AO-3, 3=AO-1+AO-3, 4=Inoculated with sterilized water and 5=Untreated check

**Table 1.** Percentage of infected panicles, sterility and brown-spotted grains of rice plants inoculated with isolates of *Sarocladium oryzae*.

| Treatment | Percentage of | | |
|---|---|---|---|
| | Disease severity[a] | Sterility[c] | Brown-spotted grain[b] |
| AO-1 isolate | 23.20 a[d] | 31.15 a | 62.37 b |
| AO-3 isolate | 22.48 ab | 30.84 ab | 75.84 a |
| AO-1+AO-3 | 21.86 abc | 31.06 abc | 59.42 bc |
| Distilled water | 6.50 d | 15.40 d | 35.42 d |
| Control | 2.80 e | 14.47 d | 22.27 c |

*a* (Sum of disease index of infected plants)×100/total No. of plants×5.

b mean percentage of sterile grains (average of 20 penicles).

c percentage of rice grains with visible symptoms of brown spot.

*d* Results followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level according to Duncan's Multiple Range Test.

**Table 2.** Residual correlation of percentage of infected panicles, brown-spotted grains and sterility of plants infected by isolates of *Sarocladium oryzae*.

| | Percentage of brown-spotted grains | Percentage of infected panicles |
|---|---|---|
| Sterility | 41.27* | 29.74* |
| Percentage of brown grains | | 30.63* |

*significant at 5%.

供試17個品種對葉鞘腐敗病之感染程度如表三所示，感染率達 20%以上的品種有秈稻 IR 36、Natala、高雄大粒淸油、DV 85 和 IR 8 ，稉稻有臺中 181 號，其中以 IR 36 之感染穗率最高達 45.56%；感染穗率在 10%以下之品種稉稻有高雄10號、臺中糸比33號、臺北309號、臺中 65號、臺農61號及嘉南 8 號，秈稻僅 Custugulcul，其中以嘉南 8 號最低僅 0.83%。穀殼褐化率以 IR 36 爲最高 (80.66%) ，而臺南 1 號(76.98%)、高雄10號 (76.36%) 及高雄大粒淸油 (74.04%) 次之。不稔率高於 30%以上的品種有臺南 1 號 (48.33%)、IR 36 (47.72%) 、臺中糸比 33號 (35.22%)、Natala (32.46%) 及 Java 14 (32.01%) 等品種。感染穗率、不稔率及穀殼褐化率皆高的品種有臺中181號、高雄大粒精油、DV 85 、 IR 36 及 Natala 等。發病率低、不稔率高的品種有臺南 1 號、臺中糸比 33號及 Java 14 等。感染穗率及不稔率低而穀殼褐化率高的品種有高雄10號和嘉南 8 號。由以上結果獲知品種間對葉鞘腐敗病之抵抗性差異甚大，一般而言稉稻較秈稻抗病，而感染穗率高的品種其不稔率與穀殼褐化率亦高；但有些品種感染穗率低而穀殼褐化率或不稔率高，此可能與品種本身之生理特性有關。

**Table 3.** Averaged percentage of infected panicles, sterility and brown-spotted grains of rice varieties infected by two isolates of *Sarocladium oryzae.*

| Variety | Percentage of | | |
|---|---|---|---|
| | Infected panicles | Brown-spotted grains | Sterility |
| IR-36 | 45.56 a | 80.66 a | 47.72 ab |
| Natala | 28.46 b | 41.26 ijkl | 32.46 cd |
| Kaohsiung-ta-li-chen-yu | 26.70 bc | 74.04 abcd | 23.52 fghi |
| DV-85 | 25.25 bcd | 59.69 e | 24.40 fgh |
| Taichung 181 | 24.30 bcde | 51.46 efgh | 28.91 cdef |
| IR 8 | 23.76 bcdef | 33.04 klmn | 24.83 fg |
| Tainan 1 | 19.46 cdefg | 76.98 abc | 48.33 a |
| Tainung 67 | 19.34 cdefgh | 42.15 hijk | 18.94 ghij |
| Chugoku 45 | 18.46 defghi | 31.83 no | 18.47 ghijk |
| Java 14 | 10.61 j | 46.66 ghi | 32.01 cde |
| Kaohsiung 10 | 9.34 jk | 76.36 abc | 16.18 jklm |
| Taichung line 33 | 7.87 jkl | 54.73 efg | 35.22 c |
| Taipei 309 | 5.91 jklm | 42.81 hij | 12.75 klmnop |
| Custugulcul | 3.57 mn | 28.92 no | 8.69 p |
| Taichung 65 | 2.91 mno | 41.17 ijklm | 15.82 jklmn |
| Tainung 61 | 1.21 no | 23.37 o | 16.64 jkl |
| Chianan 8 | 0.83 o | 57.86 ef | 13.40 jklmno |

## 討　論

過去報告（簡與曾，1981）自典型葉鞘腐敗病病斑（AO-3）及不稔稻株葉鞘褐變部位（AO-1）分離到的葉鞘腐敗病菌之菌落形態、生長溫度及病原性，均有若干差異。本試驗結果顯示無論任何來源之葉鞘腐敗病菌（AO-1、AO-3 單獨或混合接種），接種各齡期的水稻，以孕穗期發病最嚴重，與方氏（1980）認為水稻抽穗前 7—10天時接種葉鞘腐敗病之效果一致；在孕穗期前七天或抽穗後接種者其感染穗率僅在20%左右，而其他各齡則與對照組無異。葉鞘腐敗病菌主要為害稻穗及葉鞘之部位，尤以幼穗為害最嚴重，據田間接種試驗觀察結果，感染嚴重者幼穗完全無法抽出，並褐化腐爛，無一結實者。植株在幼穗形成期前之各齡期接種病原菌之病徵甚輕微僅在葉鞘接種部位形成褐色小斑塊。陳氏（1957）認為植株組織完成分化後其結構之發育不易受外在環境之影響，且簡氏（1980）發現稻開花前接種葉鞘腐敗病菌較開花後接種之不稔率為高，故接種時穗完全抽出的稻株，病原菌無適當的保濕環境，無法建立其族羣。

水稻各品種間對葉鞘腐敗病之感病性差異很大，據簡氏（1980）觀察 160個水稻品種，自然發病情形下粳稻感病品種較秈稻為多；不稔症之植株除可發現葉鞘腐敗病菌外常伴有稻細蟎同時發生；李氏(1980)調查59個水稻品種，方氏（1980）調查37個水稻品種亦發現秈稻之細蟎較少而粳稻較多。然而陳氏等（1964）則認為粳稻感病品種較秈稻多，

簡氏（1980）認爲如果將典型病徵與葉鞘褐變兩者合併調查結果，稉稻羣內之感病品種較多。本試驗以人工接種17個水稻品種發現一般秈稻之感染穗率、不稔率及穀殼褐化率較稉稻爲高，同時感染穗率、不稔率及穀殼褐化率三者間互成正相關，即感染穗率高之品種其不稔率及穀殼褐化率亦高；但有些品種如高雄10號及嘉南 8 號其感染穗率及不稔率較低，但穀殼褐化率甚高，此可能受植株本身的生理不適應有關。無論溫室或田間接種結果，顯示二對照組中注射無菌水之植株較無處理區之感染穗率、不稔率或穀殼褐化率爲高。此可能植株受機械受傷或病原菌由傷口自然侵入所造成。17個品種中以臺農61號之感染穗率、不稔率及穀殼褐化率最低，可考慮爲育種材料及推廣爲葉鞘腐敗病嚴重地區之栽培品種。

## 引用文獻

1.方新政・1976・水稻不稔症之初步探討（I）臺南區農業改良場報告 1—3。
2.方新政・1980・水稻不稔症之發生原因及其防治試驗。植保會刊 22(1)：83：89。
3.李新傳・1980・抗蟎害不稔症水稻品種田間篩選試驗。植保會刊 22(1)：91—100。
4.陳其昌、簡錦忠・1964・稻葉鞘腐敗病發生之觀察。農業研究 13(2)：39—45。
5.陳昇明、溫福賢・1980・水稻不稔症病因之生理研究。植保會刊 22(1)：57—62。
6.陳脈紀・1957・水稻葉鞘腐敗病之研究。農林學報 6 輯 1—19。
7.高雄區農業改良場・1977・六十六年水稻不稔症綜合防治報告。高雄區農業改良場（油印）。
8.謝式坪鉦、許美芳・1980・水稻不稔症原因之探討（III）水稻葉鞘腐敗病菌之生理型及其與不稔症之關連。植保會刊 22(1)：47—55。
9.謝式坪鉦、何錦璋・1979・水稻葉鞘腐敗病菌所引起之病徵。植保會刊 21(4)：455。
10.謝式坪鉦、梁文進、張世英・1977・水稻不稔症原因之探討一葉鞘腐敗病菌與不稔症之關連初報。植保會刊 19(1)：30—36。
11.簡錦忠・1980・稻葉鞘腐敗病之研究及其對不稔症發生關係。植保會刊 22(1)：31—39。
12.簡錦忠、黃秋雄・1979・稻葉鞘腐敗病與不稔症發生關係。農業研究 28(1)：7—16。
13.簡錦忠、佮方明・1981・稻葉鞘腐敗病菌生理及生態研究。農業研究 30(1)：1—4。
14.澤田兼吉・1922・臺灣產菌類調查報告第二編。135—136. 臺灣總督府中央研究所農業部報告第二號。

# Rice variety and age in relation to the susceptibility to sheath rot*

C. C. Chien and F. M. Thseng

*Department of Plant Pathology*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Wufeng, Taichung, Taiwan 431*
*Republic of China*

## Summary

Isolate AO-3 of *Sarocladium oryzae* obtained from typical lesions of sheath rot and isolate AO-1 from browning sheath of rice plants showing sterility symptoms were inoculated on cultivar Tainung 67 at different ages. Booting stage was found the most susceptible to sheath rot inoculated separately or in mixture of the two isolates.

Among the 17 cultivars tested, the percentage of infected panicles, brown-spotted grains and sterility of grains were found more on Indica than Japonica cultivars and Tainung 61 had the least. High correlations were found between the percentage of infected panicles, brown-spotted grains and sterility of grains. No difference in pathogenicity among AO-1, AO-3 and the mixture of the two isolated were observed from the results of the experiments conducted in the greenhouse and in the field.

*Supported by a grant 1981-5.1-03 (3—6) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

# 稻根真菌相、不同土壤型態及稻根發育之關係研究*

杜金池**、張義璋

臺灣省農業試驗所植物病理系

## 摘要

由稻根共分離18屬眞菌，分別爲 *Aspergillus, Botryoderma, Chaetophoma, Cladosporium, Curvularia, Fusarium, Homococus, Paecilomyces, Papularia, Penicillium, Pestalotia, Pullularia, Rhionotrichum, Rhizoctonia, Scytalidium, Stysanus, Trichoderma* 及 *Verticillium*，抽穗期根棲眞菌之族羣密度比乳熟期爲高。利用人工接種，上述眞菌均能侵入稻根。有些菌株更會造成稻根產生褐變現象。

## 前言

本省第二期稻作普遍呈現極烈減產現象，研究其減產原因之學者爲數甚多，所下之立論則不一而終 (杜等，1977；張等，1977；湯與李，1963)。一般而言，二個期作間氣象變化之相反趨勢，爲造成減產之主要原因 (湯與李，1963)。然氣象之變化亦直接或間接地影響土壤及根棲微生物之變化。由分離及接種根棲眞菌之初步結果，已知許多根棲眞菌干擾水稻生長 (杜等，1977；張等，1977)。因此，這些根棲眞菌與水稻產量可能有密切之關係。本研究旨在瞭解不同環境水稻生育期及土壤型態對水稻根棲眞菌相變化之影響，有害及有益眞菌之存在要件。擬供有益眞菌應用及有害眞菌防除之參考。

## 材料與方法

### 1.根棲眞菌之分離：

由不同地區採回之稻根，以自來水洗淨，濾乾多餘水份。再以無菌水 (加 100ppm Tween 80) 及 100rpm 振盪 5 分鐘，洗出表面附着眞菌。將洗出懸浮液取 1ml 放在 DPYA 培養基上平展培養，以爲根表面附生根棲眞菌。洗畢之根以 0.1% 次氯酸鈉稀釋液行表面消毒。取定量消毒後之稻根，按不同稀釋比例加入 0.2 % 水瓊脂，以打碎機將稻根打碎。按稀釋平板法將稻根碎片懸浮液平展於 DPYA 培養基上。上述兩種處理後之 DPYA 培養基置 24°C 恆溫箱培養 3 — 5 天，挑取菌落、純化、鑑定眞菌之名。(Das, 1963；Garrett, 1956；Nash and Snyder, 1962；Papavizas and Davey, 1959；Raper and Thom, 1949；Rishboth, 1951；Subba-Rao *et al*., 1961；Weindling, 1932)

### 2.根圈眞菌之分離：

田間採回帶土之稻根根羣，輕輕拉起，使根圈外土壤自然脫落。將帶著根圈土之稻根，迅速陰乾後刷取根圈土壤，以 0.2 % 水瓊脂行稀釋平板培養。置 24°C 恆溫箱 3 — 5 天，挑取菌落純化，鑑定之。

### 3.根棲、根圈眞菌之接種：

接種方法係採用無傷痍土壤接種法。稻苗係播於以 9cm 培養皿盛裝滅菌過之土壤上，稻苗長至

*行政院農業發展委員會補助計畫69—農建—5.1—產—080 (3—10)。

**現址爲臺灣省臺南市臺南區農業改良場。

3－4 個葉片即可供接種用。供試眞菌則培養於Czapek's 液體培養基中，菌絲長滿後，取出菌絲並將上面營養份洗淨，以無菌水加入打碎成菌絲碎片懸浮液。水稻栽盆爲 9cm 大小，不漏水，內裝田土以高壓滅菌後，冷却再淋澆上述菌絲懸浮液，此即爲人工帶菌土。將上述 3－4 葉片稻田連土移植於帶菌土上，置溫室生長10天，稻根可穿入帶菌土壤內，拔取稻根再行分離，測定各菌侵入稻根之情形。

## 試驗結果

**1.不同生育期稻作根棲眞菌相比較：**

本研究針對水稻第二期作分離其稻根棲眞菌，採集地點分別自臺南、屛東、臺中霧峰、大安等地區10個採樣田，採樣根圈土壤及稻根分離之。臺南、屛東、霧峰地區在本計畫通過開始執行時，水稻已達乳熟期，因此只採集乳熟期。臺中大安地區則分別採集抽穗期及乳熟期兩生育期之水稻。大安三塊採集田所分離之根棲眞菌共1373個菌株，其中抽穗期根圈眞菌165個菌株，根表眞菌291個菌株，根內眞菌401個菌株；乳熟期根圈眞菌有119個菌株，根表眞菌有124個菌株，根內眞菌273個菌株。結果顯示根內眞菌最多，根表眞菌次之，根圈眞菌較少。兩個生育期比較之，根圈眞菌變化不大，根表及根內眞菌，抽穗期比乳熟期爲多。

**2.不同地下水位與根棲眞菌之關係：**

以差階大之梯田，採集分離比較同一田中不同地下水位之根棲眞菌之異同。採集田共兩處，抽穗期高水位之根圈眞菌爲36個菌株，根表眞菌52個菌株，根內眞菌29個菌株；低水位根圈眞菌爲10個菌株，根表眞菌23個菌株，根內眞菌51個菌。乳熟期高水位之根圈眞菌31個菌株，根表 9 個菌株，根內爲25個菌株；低水位根圈眞菌11個菌株，根表眞菌29菌株，根內眞菌32個菌株。

**3.根棲眞菌之類別：**

根棲眞菌共得 2,732 個菌株，依菌落型態分爲57類，由57類隨機取樣鑑定其屬名。結果顯示根圈及根棲眞菌共有 18 個屬，分別爲 *Aspergillus*, *Botryoderma*, *Chaetophoma*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Homococus*, *Paecilomyces*, *Papularia*, *Penicillium*, *Pestalotia*, *Pullularia*, *Rhinotrichum*, *Rhizoctonia*, *Scytalidium*, *Stysanus*, *Trichoderma*, *Verticillium* 及無胞子未鑑定之菌株等。

**4.根棲眞菌之回接及再分離：**

由上述根棲眞菌隨機抽樣供試。結果顯示，人工接種高密度下，各菌株均能侵入根內，但一般均無明顯病徵，或使根生育衰退之現象。但是 *Curvularia*, *Cladosporium*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium oxysporum*, *Homococus*, *Penicillium*, *Rhizoctonia microsclerotia*, *Rhizoctonia solani* 及 *Trichoderma* 等則可引起水稻致病或使稻根迅速衰退。接種之根棲眞菌，亦均可自表面消毒過之根組織再分離得原來菌株。

## 討　論

由本研究之初步結果顯示，不同水稻生育期其根棲眞菌相及族羣量，就有所不同。水稻在生育上之轉變，尤其在抽穗期根棲眞菌之量最高。此時，根棲眞菌之質甚爲重要。如果大部份爲有害眞菌較多，則將造成大量減產。反之，無害或有益之眞菌較多，則可防止有害眞菌繁殖及危害水稻之機會，間接地保護水稻維持其產量。

由同一田不同地下水位採集點之根棲眞菌分離結果。雖然插秧時之整田將根棲眞菌之分佈，趨於均勻。但至抽穗期已在量上有所差異。也就是各眞菌族羣在不同水位之土壤中，其存活優劣隨之而有變化。如果能瞭解其變化之條件及趨勢，則對根棲眞菌之應用與控制，將成爲輕而易擧之事。

根棲眞菌之研究，所分離之眞菌甚爲龐大。實非一、二工作人員所能負擔。對於不易產胞之菌種又不易鑑定，而影響到應用研究方面工作之進行。

## 引用文獻

1.杜金池、程永雄、張義璋。1977。田間亞麻萎凋病鐮刀菌與水稻之相互關係研究。中華農業研究（26（1）：64—71。

2.張義璋、杜金池、簡錦忠。1977。水稻根部眞菌之分離、鑑定及其對稻作生育之影響。中華農業研究26（4）：279—289。

3.湯文通、李水龍。1962。臺灣水稻第二期作單位面積產量不如第一期作之原因及其改進方法。科學農業11

(1.2) : 9—33。
4. Das, A. C. 1963. Ecology of soil fungi of rice fields. 1. Succession of fungi on rice roots. 2. Association of soil fungi with organic matter. Trans. Brit. Mycol. Soc. 46 : 431-444.
5. Garrett, S. D. 1956. Biology of root-infecting fungi. Combridge University Press.
6. Nash, Shirley M., and W. C. Snyder. 1962. Quantitative estimations by plate counts of Propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soils. Phytopathology 52 : 567-562.
7. Papavizas, G. C., and C. B. Davey. 1959. Evaluation of various media and antimicrobial agents for isolation of soil fungi. Soi Sci. 88 : 112-117.
8. Raper, K. S., and Thom. 1949. Manual of the penicillia. The Williams and Wilkins Co., Baltimore. Md.
6. Rishbeth, J. 1951. Observations on the biology of *Fomes annosus* with particular reference to East Anglian pine plantations III. Natural and experimental infection of pines, and factors affecting severity of the disease. Ann. Bot., Lond., N. S., 15 : 221-240.
7. Subba-Rao, N. S., R. G. S. Bidwell, and D. L. Balley. 1961. The effect of rhizoplane fungi on the uptake and metabolism of nutrients by tomato plants. Canad. J. Bot. 39 : 1759-1764.
8. Weindling, R. 1932. *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. Phytopathology 22 : 837-845.

# Studies on the Fungi Isolated from Root of Rice Plants Cultivated under Different Environments and Its Relation to the Development of Rice Root*

C. C. Tu** and Y. C. Chang

*Department of Plant Pathology*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Wufeng, Taichung, Taiwan 431*
*Republic of China*

## Summary

Eighteen genera of fungi were isolated from rice roots. They were *Aspergillus, Botryoderma, Chaetophoma, Cladosporium, Curvularia, Fusarium, Homococus, Paecilomyces, Papularia, Penicillium, Pestalotia, Pullularia, Rhinotrichum, Rhizoctonia, Scytalidium, Stysanus, Trichoderma* and *Verticillium.* The population of rice root-inhabitant fungi during the heading period of rice was higher than which on the milky stage. All fungi could be able to infect the rice root by artifical inoculation. Some isolates made the rice root as a result of discoloration.

*Supported by a grant 1980-5.1-080 (3—10) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.
**Present address : Tainan District Agricultural Improvement Station, Tainan, Taiwan 700, R. O. C.

# 臺灣稻縱捲葉蟲天敵之研究*

陳 健 忠　邱 瑞 珍

臺灣省農業試驗所應用動物系

## 摘　要

70—72年在中、南部以及花蓮等11個地區調查得稻縱捲葉蟲(*Cnaphalocrocis medinalis*)天敵25種，包括寄生蜂20種、寄生蠅1種、病原菌2種、捕食性蜘蛛2種。寄生性天敵中以 *Trichogramma chilonis*, *Apanteles cypris* 及 *Trichomma cnaphalocrocis* 寄生率為較高在18～96%之間。寄生蜂之棲群變動與稻縱捲葉蟲各蟲期之發生有關。

Dipel (*Bacillus thuringiensis*) 在濃度 0.02 %時對縱捲葉蟲一齡幼蟲之致死率約為96.6%而其對卵寄生蜂之幼蟲、蛹及成蟲均不具毒性。

卵寄生蜂 *T. chilonis* 可用外米綴蛾 (*Corc-yra cephalonica*) 卵為代用寄主予以大量繁殖。在30～32°C 恆溫下該蜂由卵發育至成蟲需132～149小時，最為適合。

常用於防治水稻褐飛蝨之氨基甲酸鹽殺蟲劑 MIPC, Hokbal, Lannate, Furaban 及防治稻熱病之殺菌劑 Hinosan 均對卵寄生蜂具高毒性，現行推廣防治稻蟲用之有機磷劑 Kilva 則毒性很低，應予選用。

## 前　言

近年來水稻縱捲葉蟲(*Cnaphalocrocis medinalis* Guenee, Pyralidae)，在本省中、南部及花蓮地區二期作稻田發生相當普遍，幼蟲縱捲稻葉藏身其內，取食表皮及葉肉組織，致葉片枯死，影響穀粒稔實。據鄭清煥氏（1982，未發表）之試驗，在水稻乳熟期每10稻叢接成蛾8對，其次代幼蟲將造成稻穀之損失量達 41.65%，所以目前此蟲被視為僅次於褐飛蝨之水稻主要害蟲。由於雌蛾之卵多散生於田間稻株上，故一旦發生時雖然蟲數不多但被害株分散仍需全面施藥。又其幼蟲均在捲葉內生活，施藥防治常無法獲得良好之殺蟲效果，反而費工費時增加農民負擔，因此對本蟲有效天敵之搜求與瞭解，適當地加以保護與利用，或可發揮部分效果而減少稻田之施藥次數，降低農民之用藥費用，亦可避免農藥對其他稻蟲天敵造成毒害。

有關該蟲之本省天敵資料，陳與王（1978）曾在田間發現3種天敵，嚴氏（1973）則彙編本蟲寄生性天敵7種，除此別無資料可稽。本研究乃對該蟲之天敵進行廣泛性之調查與採集藉以瞭解其種類及田間發生情形，並探討天敵對稻縱捲葉蟲之防治潛能及測定農藥對卵寄生蜂之毒性等，供實際應用於田間防治該蟲之參考。

## 材料與方法

### （一）稻縱捲葉蟲及其寄生性天敵發生之調查：

於農試所農場設一不施藥稻田面積為 0.1公頃，分為3小區，種植臺農67號水稻。自民國70年二期作水稻移植後第16天開始，每隔2星期於每小區固定調查 420 叢水稻，記錄其被害葉數及叢數，並於每小區之對角線上，用掃網掃 120次，以調查稻

*行政院農業發展委員會補助計畫71農建—4.1—產—47（3—1）。

縱捲葉蟲寄生性天敵之發生情形。

**（二）稻縱捲葉蟲天敵種類之調查**

在萬豐、西螺、民雄、嘉義、新化、下營、鳳山、潮州、山地門、崎下、花蓮等地區之兩期作稻田採集稻縱捲葉蟲之幼蟲及蛹，攜回室內繼續飼養至成蛾或寄生蜂羽化，並記錄寄生蜂之數目，標本予以製作以便鑑定。卵寄生蜂之調查係將室內飼養之縱捲葉蟲成蛾置於塑膠袋內，待其產卵後將塑膠袋剪開，使著卵面向上將其固定於田間稻葉上，隔天收回，記錄被寄生卵之數目並將成蜂製成玻片標本備供鑑定。

**（三）Dipel 對稻縱捲葉蟲之致死率測定：**

選用美國 Abbott Laboratories 出品之細菌性殺蟲劑 Dipel（每 mg 含 16,000國際單位）配成濃度 0.1，0.08，0.06，0.04，0.02及0.01%之藥液，加入展著劑 CS-7。另將每段長 4 公分之稻葉浸入藥液，隨即取出，風乾後每葉片接 1 齡幼蟲 1 隻，每處理蟲數爲30隻，3 重複，經 3 天觀察其死亡情形，並記錄活蟲體重。

**（四）溫度對卵寄生蜂 *Trichogramma chilonis* Ishii 之影響：**

將外米綴蛾（*Corcyra cephalonica* Staint, Galleriidae）甫產下之卵粒粘在紙片上，在10w 紫外線下照射 60 分鐘，使卵無法發育後置於試管（20×1.5cm）內，接入卵寄生蜂任其產卵。經 1 小時後將蜂移去。卵片分別置於 26、28、30及32°C 之恆溫箱內不予光照，觀察其發育情形。

**（五）農藥對卵寄生蜂 *T. chilonis* 之毒性測定：**

供試藥劑及其濃度：現行推廣用於防治水稻病蟲之 8 種殺蟲劑（MIPC, Hokbal, Lannate, Furadan, Kilval, Azodrin, Orthene, Tamaron），2 種殺菌劑（Hinosan, Neo Asozin）及一種尚未推廣之防治稻縱捲葉蟲殺蟲劑 Dipel。各藥劑之處理濃度均依民國69年植物保護手册推薦之稀釋倍數調配。Dipel 之稀釋倍數爲 2,000倍，展著劑 CS-7 爲 5,000倍。

1.農藥直接噴佈之毒性：將卵寄生蜂接入試管（20×3.5cm）每管50隻，3 重複，使用 BURGESS VIBROCRAFTERS INC. 出品之 Model VS-855 電動噴藥槍，噴射口距離試管口約 10cm，噴射藥劑經半秒鐘後用伸縮膜封口，分別經 1 小時、3 小時記錄其死亡蟲數。

2.農藥殘毒之毒性：將供試藥劑倒入試管，再行倒出使試管內壁形成一層均勻之藥膜，並將試管倒置，經 1、2、4 及 6 天後每管各接入卵寄生蜂50隻，3 重複，經 2 小時後記錄其死亡蟲數。

3.農藥對幼蟲及蛹之毒性：將前述製成之卵片接蜂待產卵後置28°C 恆溫箱中，俟卵粒變黑，（幼蟲進入老熟階段，約經 4 天左右成蜂將羽化而出）分成 4 組開始供試，每天處理 1 組，未處理者讓其繼續發育。每處理爲50粒卵，3 重複，浸入藥劑後隨即取出，風乾後再置於指形管（5.5×1cm）內，將管放入恆溫箱中待其羽化，記錄其死亡率。

## 結果與討論

**（一）稻縱捲葉蟲及其寄生性天敵之田間棲羣消長：**

本調查原定自二期作水稻移植後第16天（即民國70年 8 月12日）開始至水稻收穫爲止，進行420指定稻叢之調查。但該期作於10月下旬因部分稻叢受褐飛蝨爲害倒伏而無法調查，唯仍進行田間稻縱捲葉蟲發生之觀察，至水稻收穫爲止；發現在二期作期間稻縱捲葉蟲可發生 3 代，此與貢氏（1954）與陳氏（1982）之觀察相同。圖 1 顯示第一世代幼蟲在 8 月中、下旬至 9 月下旬發生，幼蟲陸續孵化成長取食稻葉使被害葉數增加，同時幼蟲之棲羣增加及遷移亦使被害叢數逐漸增加；成蟲則在 9 月下旬至10月上旬出現，成蟲出現後因其卵係散生，所以被害叢數迅速增加，爲害面積擴大。第二世代幼蟲在10月上旬至11月上旬發生，第三世代幼蟲出現時稻株已經倒伏。

由掃網所採得該蟲之天敵種類皆屬寄生蜂類。圖 2 顯示田間卵寄生蜂發生高峰有二，一在 8 月上旬成蛾侵入本田時；一在 9 月下旬第一世代成蛾出現後。幼蟲發生後卵寄生蜂之棲羣隨即下降，而幼蟲寄生蜂則隨著稻縱捲葉蟲幼蟲棲羣之增加而緩慢增加，由於部分寄生蜂係在稻縱捲葉蟲末齡幼蟲或蛹期才羽化，因此第一世代幼蟲發生初期幼蟲寄生蜂之增加有些可能是由他處進入本田。幼蟲寄生蜂在第一世代成蛾出現期達到高峰後漸趨下降，但仍較其他時期之寄生蜂棲羣爲高，其高峰約與卵寄

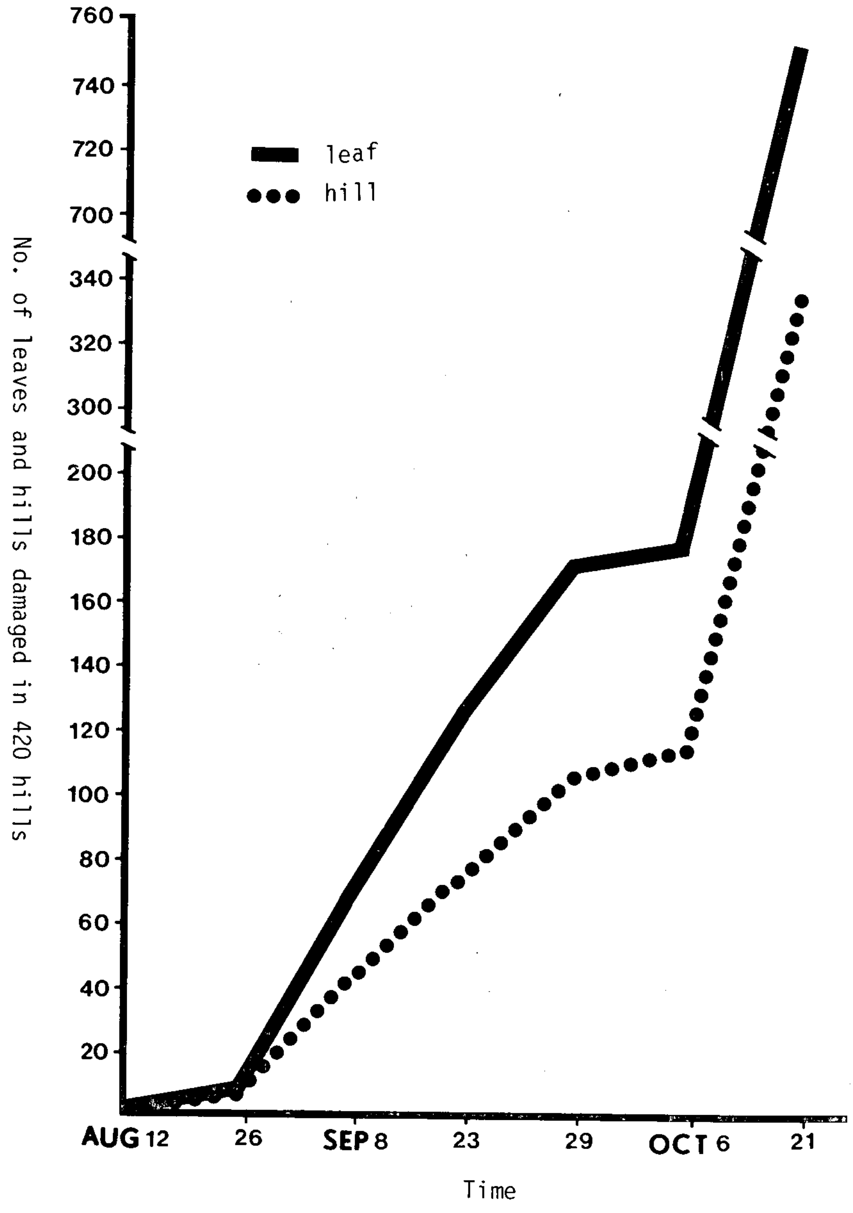



圖1. 七十年二期作臺中萬豐稻縱捲葉蟲爲害之稻葉與稻叢。

Fig. 1. Number of leaves and hills damaged by the rice leaf roller in 1981 2nd rice crop at Wanfeng, Taichung.

生蜂之第二高峰同時。

綜以上所述寄生蜂之棲羣與稻縱捲葉蟲各發育期之棲羣發生及變動有密切關係，寄主卵出現後卵寄生蜂隨之增多，寄主幼蟲發生則幼蟲寄生蜂亦隨之增加。在田間自然環境中，天敵確已發揮了抑制害蟲棲羣增長的功能，但仍無法有效地遏止害蟲之繼續增殖爲害；若能於室內大量繁殖寄生蜂，配合田間稻縱捲葉蟲之發生，適時補充寄生蜂之數量，提高田間害蟲之被寄生率將是防治稻縱捲葉蟲方法之一。

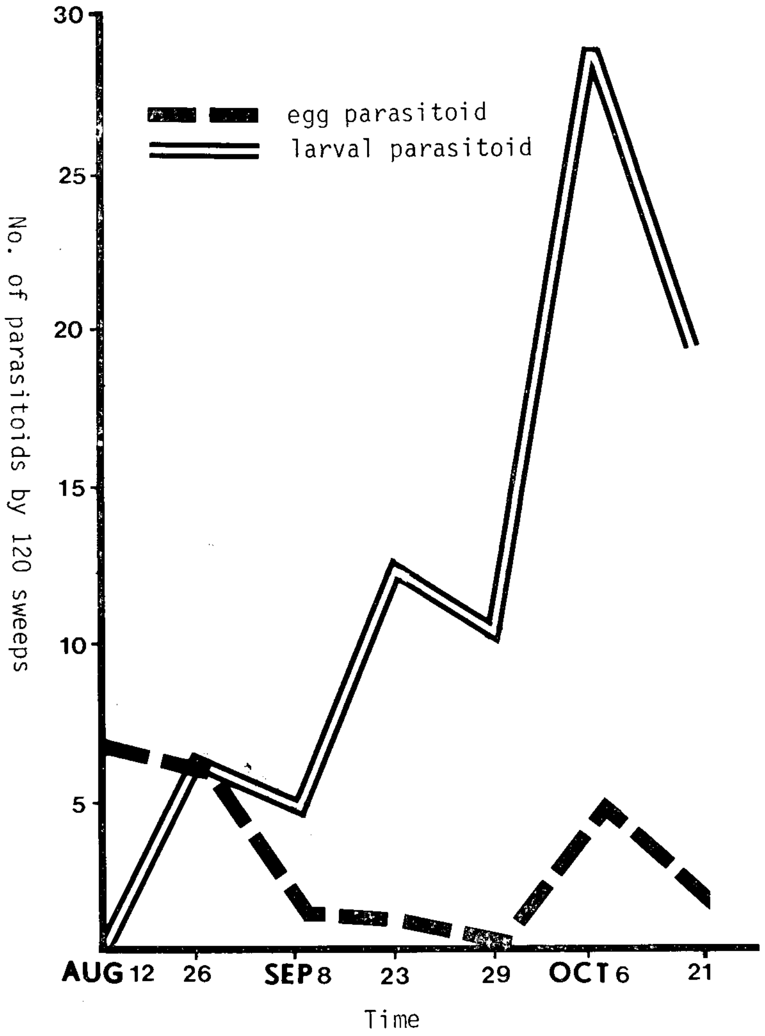



圖2. 七十年二期作田間稻縱捲葉蟲卵、幼蟲之寄生蜂消長。

**Fig. 2.** Population fluctuation of egg parasitoids and larval parasitoids of the rice leaf rolller in 1981 2nd rice c op at Wanfeng, Taichung.

**(二) 稻縱捲葉蟲天敵之調查：**

本省稻田中之稻縱捲葉蟲天敵據筆者等之調查共採得25種。包括卵寄生蜂 3 種，大腿小蜂 1 種，小繭蜂 4 種、姬蜂 5 種、躍小蜂 2 種、黃金小蜂 2 種、圓腹卵蜂 1 種、釉小蜂 1 種、廣肩小蜂 1 種、寄生蠅 1 種、捕食蜘蛛 2 種、病原細菌、眞菌各 1 種(如表 1)。加上已記錄之 2 種寄生蜂及 1 種寄生性線蟲（嚴，1973）累計已知者有28種。筆者等於70年二期稻作，71年一期稻作種植期間分別在萬豐、西螺、民雄、嘉義、新化、下營、鳳山、潮州、山地門、崎下、花蓮等11個地區採集縱捲葉蟲天敵，各地區寄生率約在 9.7—60.0%，平均爲24.0%。11個地區之採集稻田除山地門地區多年未施用任何藥劑外，其餘均曾使用農藥。山地門稻田該蟲之被寄生率最高約60.0%，該採集地之稻田位於半山上，害蟲種類多但發生數量均不多，天敵則隨處可見，經詢問山胞農婦得知該處稻田似乎從未發生嚴重之蟲害，稻田之生態接近於自然平衡狀態。

表1. 臺灣稻縱捲葉蟲之天敵

**Table 1.** Natural enemies of the rice leaf roller in Taiwan. (1981—1983)

| | | Host stage |
|---|---|---|
| PARASITOIDS-- | | |
| Trichogrammatidae : | *Oligosita* sp. | E |
| | *T. chilonis* | 〃 |
| | *T. japonicum* | 〃 |
| Braconidae : | *Apanteles cypris* | L |
| | *Cardiochiles laevifossa* | 〃 |
| | *Chelonus tabonus* | 〃 |
| | *Macrocentrus* sp. | 〃 |
| Ichneumonidae : | *Eriborus vulgaris* | 〃 |
| | *Itoplectis naranyae* | L-P |
| | *Temelucha philippinensis* | L |
| | *Trichomma chaphalocrocis* | L-P |
| | *Triclistus aitkini* | 〃 |
| Chalcididae : | *Brachymeria* sp. | 〃 |
| Ceraphronidae : | *Ceraphron* sp. A | L |
| Pteromallidae : | *Pteromalus* sp . | 〃 |
| Eulophidae (lsp. ) | *Eurytoma* sp. | L-P |
| Eurytomidae : | *Elasmus philippinesic* | 〃 |
| Elasmidae : | *Elasmus* sp. | 〃 |
| Pteromalidae : | *Trichomalopsis apanteloctena* | L-P |
| | *T. shirakii* | 〃 |
| Tachinidae : | 1 sp. | 〃 |
| PATHOGENS-- | | |
| Bacteria : | *Bacilllus thuringiensis* | L |
| Fungi : | 1 sp. | 〃 |
| PREDATORS--Spiders | 2 spp. | A |

E : egg, L : larva, L-P : larva-pupa, A : adult.

就所採得之寄生蜂數量百分比而言，卵寄生蜂以 *T. chilonis* 最高約占96.4%，幼蟲與蛹之寄生蜂則以 *Apanteles cypris* 約 47.7%為最高 *Trichomma cnaphalocrocis* 約 18.0%次之，*Eriborus vulgaris* 約 10.5%，及 *Cardiochiles laevifossa* 約 9.3 %又次之，其餘種類均在3.5%以下。

### (三) Dipel 對稻縱捲葉蟲之毒性：

Dipel 之主要成分為蘇力菌 *Bacillus thuringiensis* 之活性孢子。其對稻縱捲葉蟲 1 齡幼蟲之毒性如表 2 。Dipel 加展著劑在濃度0.02%時致死率約達96.6%，未加展著劑致死率約74.6%；但未加展著劑者濃度提高在0.04%時致死率亦可達92%均有甚佳之效果。展著劑 CS-7 雖無殺蟲效力，但可增强 Dipel 之藥效則屬明顯。若由每隻存活蟲之平均體重觀之，加展著劑處理者其體重約僅為對照組之半，此乃因幼蟲食入蘇力菌孢子後中毒而停止取食，未能正常發育。不加展著劑處理之存活蟲間體重差異很大，可能由於部分幼蟲並未食入蘇力菌孢子因而獲得正常發育之故。

目前蘇力菌在國外已廣泛用於蔬菜、森林、棉花、煙草、苜蓿、行道樹等害蟲之防治，已知其對 137 種昆蟲具致病力 (Forsberg *et al*, 1976 ; Heimpel, 1967) ，稻縱捲葉蟲亦屬其寄主之一，其對卵寄生蜂之幼蟲、蛹、成蟲均不具毒性，亦無殘毒 (見表 4 、 5 、 6) ，在稻蟲之綜合防治策略中，此劑頗有利用價值。唯溫度、雨量、紫外線常會影響其致病力 (Cantwell, 1967 ; Ignoffo *et*

表2. 蘇力菌 Dipel 對稻縱捲葉蟲之藥效（室內）[1]

**Tale 2.** Effects of Dipel on the rice leaf roller under laboratory conditions

| 處理濃度 | 存活蟲數 | | 存活蟲平均每隻重 (mg) | | 校正死亡率 (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dipel+CS−7[2] | Dipel | Dipel+CS−7 | Dipel | Dipel+CS−7 | Dipel |
| 0.1 % | 0 | 1 | — | 0.133 | 100 | 96.5 |
| 0.08 % | 0 | 1.3 | — | 0.056 | 100 | 95.5 |
| 0.06 % | 0 | 0 | — | — | 100 | 100 |
| 0.04 % | 0 | 2.3 | — | 0.060 | 100 | 92.0 |
| 0.02 % | 1 | 7.3 | 0.067 | 0.123 | 96.6 | 74.6 |
| 0.01 % | 6 | 11.7 | 0.065 | 0.141 | 79.5 | 59.2 |
| 0 | 26.7 | — | 0.123 | — | 8.9 | — |
| Control (water) | 29.3 | 28.7 | 0.145 | 0.117 | — | — |

1.每處理供試一齡幼蟲30隻，3重複，死亡率用 Abbott 氏公式校正。
2.展著劑 CS-7 之稀釋倍數爲5,000倍。

*l*., 1974；Lynch, et al. 1980；Svestka, 1976）在田間之應用技術尙待進一步研究。

### （四）溫度對卵寄生蜂發育之影響：

經初步之調查卵寄生蜂 *T. chilonis* 在稻田之棲羣可能是居於優勢種，該蜂在實驗室中用外米綴蛾卵爲代用寄主可獲成功地大量繁殖，其在26、28、30及32°C 4種不同恆溫下之發育情形如表 3。溫度愈高發育期愈短，在 32°C 下由卵發育至成蟲約需 132小時。溫度愈高成蟲壽命愈短，羽化天數、羽化率在 4 種溫度中尙無顯著差異；成蟲雌雄性比以在 30°C 下飼養者之 4.38：1爲最高。綜合各期發育情形，大量繁殖 *T. chilonis* 其最適之飼育溫度應爲 30°C～32°C。

表3. 溫度對 *Trichogramma chilonis* 發育之影響

**Table 3.** Effects of rearing temperature on development of *Trichogramma chilonis*

| 飼育溫度 | 卵—老熟幼蟲 (hr) | 老熟幼蟲—成蟲 (hr) | 發育全期 (hr) | 成蟲壽命 (hr) | 羽化天數 (day) | 羽化率 (%) | 性比 (♀：♂) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 32°C | 53.5 | 73.5 | 132.0 | 29.3 | 3—4 | 89.5 | 3.41：1 |
| 30°C | 63.5 | 86.0 | 149.5 | 34.8 | 3—4 | 89.0 | 4.38：1 |
| 28°C | 67.5 | 96.0 | 163.5 | 38.4 | 2—3 | 90.0 | 2.91：1 |
| 26°C | 71.5 | 117.0 | 188.5 | 42.2 | 3—4 | 92.5 | 2.62：1 |

### （五）農藥對卵寄生蜂之毒性：

本省水稻在栽培期間受到病蟲之威脅，農民使用多種而且大量之農藥作爲減輕或解除是項威脅之利器，但田間施藥防除病蟲害時，其對稻蟲天敵究能造成多大之毒害向爲大衆所關切，表4、5及6所示即11種供試藥劑對稻縱捲葉蟲之天敵卵寄生蜂 *T. chilonis* 直接噴佈、殘毒毒性及其對幼蟲及蛹之毒性。

表4. 農藥對 *Trichogramma chilonis* 之毒性 [1]

**Table 4.** Effects of pesticides on *Trichogramma chilonis*

| 藥劑 | | 稀釋倍數 | 施藥後經時死亡率 (%) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1 hrs | 3 hrs |
| 20% | MIPC | 800 | 100 | 100 |
| 40% | Hokbal | 800 | 100 | 100 |
| 90% | Lannate | 1,800 | 100 | 100 |
| 75% | Furadan | 1,500 | 100 | 100 |
| 37% | Kilval | 800 | 3.5 | 7.7 |
| 65% | Azodrin | 2,000 | 63.0 | 92.3 |
| 75% | Orthene | 1,500 | 68.6 | 80.6 |
| 50% | Tamaron | 1,000 | 72.7 | 95.8 |
| 50% | Hinosan | 1,000 | 91.2 | 100 |
| 6.5% | Neo Asozin | 2,000 | 4.9 | 7.7 |
| Dipel+CS—7[2] | | 2,000 | 2.9 | 2.1 |
| Water | | | 4.1 | 6.9 |

1. 每處理成蟲50隻，3重複，用蒸餾水處理之致死率爲對照，Abbott 氏公式校正。
2. 展著劑 CS-7 稀釋5,000倍。

表5. 農藥殘毒對 *Trichogramma chilonis* 之毒性 [1]

**Table 5.** Effects of pesticide residues on *Trichogramma chilonis*

| 藥劑 | | 稀釋倍數 | 不同天數殘毒之致死率 (%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 天 | 2 天 | 4 天 | 6 天 |
| 20% | MIPC | 800 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 40% | Hokbal | 800 | 100 | 100 | 100 | 98.5 |
| 90% | Lannate | 1,800 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 75% | Furadan | 1,500 | 1000 | 100 | 100 | 100 |
| 37% | Kilval | 800 | 75.1 | 30.4 | 18.9 | 31.4 |
| 65% | Azodrin | 2,000 | 48.7 | 35.4 | 37.7 | 41.9 |
| 75% | Orthene | 1,500 | 12.8 | 1.5 | 2.9 | 6.3 |
| 50% | Tamaron | 1,000 | 88.4 | 87.0 | 84.7 | 34.4 |
| 50% | Hinosan | 1,000 | 99.4 | 100 | 95.8 | 99.4 |
| 6.5% | Neo Asozin | 2,000 | 5.3 | 0 | 0 | 0 |
| Dipel+CS—7[2] | | 2,000 | 5.3 | 0 | 0 | 0 |

1. 每處理成蟲50隻，3重複，用蒸餾水處理之致死率爲對照，Abbott 氏公式校正。
2. 展著劑 CS-7 稀釋5,000倍。

表6. 農藥對 *Trichogramma chilonis* 幼蟲及蛹之毒性

**Tale 6.** Effects of pesticides on larvae and pupae of *Trichogramma chilonis*

| 藥劑 | 稀釋倍數 | 死亡率 (%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 老熟幼蟲 | 蛹齡 | | |
| | | | 1天 | 2天 | 3天 |
| 20% MIPC | 800 | 20.5 | 5.0 | 0 | 3.6 |
| 40% Hokbal | 800 | 41.6 | 41.2 | 40.0 | 46.9 |
| 90% Lannate | 1,800 | 28.0 | 3.2 | 29.3 | 2.3 |
| 75% Furadan | 1,500 | 53.0 | 43.7 | 47.0 | 50.8 |
| 37% Kilval | 800 | 2.3 | 7.4 | 9.5 | 10.9 |
| 65% Azodrin | 2,000 | 25.0 | 30.5 | 18.3 | 35.3 |
| 75% Orthene | 1,500 | 25.7 | 0 | 11.9 | 22.2 |
| 50% Tamaron | 1,000 | 13.0 | 18.1 | 23.1 | 9.2 |
| 50% Hinosan | 1,000 | 18.2 | 22.3 | 7.1 | 12.9 |
| 6.5% Neo Asozin | 2,000 | 17.5 | 2.5 | 0 | 0 |
| Dipel+CS−7[2] | 2,000 | 13.6 | 0 | 4.8 | 3.0 |

1.每處理50粒卵，3重複，水為對照處理，用 Abbott 氏公式校正。
2.展著劑 CS-7 稀釋5,000倍。

藥劑直接噴佈對卵寄生蜂之毒性差異很大（表4），MIPC, Hokbal, Lannate, Furadan, Hinosan 均為 100%致死， Azodrin, Orthene, Tamaron 亦具劇毒，其他藥劑處理包括 Kilval, Neo Asozin, Dipel 則在 7.7 %以下。 MIPC, Hokbal, Lannate, Furadan 均屬氨基甲酸鹽類殺蟲劑，田間若使用此類藥劑防治褐飛蝨，顯然對稻縱捲葉蟲之卵寄生蜂極為不利，反觀 Kilval 亦屬優良之推廣藥劑但毒性很低；又如防治稻熱病之殺菌劑，Hinosan 亦會使卵寄生蜂100%死亡，因此選用對天敵低毒之藥劑在水稻害蟲綜合防治上確有其重要性，同時殺菌劑、殺草劑亦可能對天敵造成傷害，亦應列為考慮對象。

表 5 顯示對卵寄生蜂毒性高之藥劑，其殘毒致死率亦高，尤其經過 Lannate 或 Furadan 處理 1、2、4、6天後，接入試管內之卵寄生蜂均在 5 分鐘內全部死亡 。供試藥劑中除 Tamaron 在 6 天後殘毒有消退現象外，其餘藥劑均無明顯之消退情形，是否藥劑在室內未受到其他環境因子影響之故尚待進一步探討，但可確定農藥殘毒會使卵寄生蜂遭到極大之毒害，其使卵寄生蜂中毒之機制就試驗進行時之觀察可能為接觸毒性或因藥劑揮發出之氣體對寄生蜂有燻蒸毒害之效果。

外米綴蛾卵內之卵寄生蜂幼蟲及蛹經浸藥處理後，顯示供試藥劑各具中、低毒性，使幼蟲與蛹造成不同程度之死亡，其中以 MIPC 與 Furadan 致死率在 40—50 % 左右為最高，而以 Dipel, Kilval, Neo Asozin 最為安全。將來若大量繁殖卵寄生蜂並釋放於稻田防治稻縱捲葉蟲，其卵片亦應避免觸及藥劑。

本試驗中供試之 4 種氨基甲酸鹽劑乃目前農民常用於防治稻褐飛蝨之殺蟲劑，甚具殺蟲效果，但長期使用勢必影響及縱捲葉蟲卵寄生蜂之生存，近年來稻縱捲葉蟲由次要之稻作害蟲逐漸成為僅次於褐飛蝨之主要稻蟲，且於中、南部地區二期作普遍發生有日趨嚴重之勢，藥劑之選用不當可能是其原因之一。

## 誌 謝

研究期間承本所應用動物系林珪瑞副研究員與

周樑鎰先生協助鑑定天敵學名，謹致謝意。

## 引用文獻

1. 臺灣總督府殖產局。1934。臺灣農作物病蟲害防除要覽第二編普通作物の害蟲。pp. 79-81. 。
2. 貢穀紳。1954。燈光誘集瘤野螟蛾之分析。農林學報3：77—95。
3. 陳秋男。1982。水稻縱捲葉蟲的生態與防治研究。中央加强農村建設補助植物保護基本研究計畫執行情形報告 4p. 。
4. 陳慶忠、王玉沙。1978。臺灣中部稻縱捲葉蟲生活史及水稻品種抵抗性之調查。臺中區農業改良場研究彙報新第二號 p. 58-69. 。
5. 嚴奉琰。1973。臺灣害蟲之天敵。國立臺灣大學農學院植物病蟲害系昆蟲研究室編 106p. 。
6. Cantwell, G. E. 1967. Inactivation of biological insecticides by irradiation. J. Invertebr. Pathol. 11 : 184-195.
7. Forsberg, C. W., M. Henderson, E. Henry, and J. R. Roberts. 1976. *Bacillus thuringiensis* : Its effects on environmental quality. Nat. Res. Con. Canada No. 15385, 136 p.
8. Heimpel, A. M. 1967. A critical review of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* and other crystalliferous bacteria. Annu. Rev. Entomol. 12 : 287-322.
9. Ignoffo, C. M., D. C. Hostetter and R. E. Pinnell. 1974. Stability of *Bacillus thuringiensis* and *Baculovirus heliothis* on soybean foliage. Environ. Entomol. 3 : 117-119.
10. Lynch, R. E., L. C. Lewis and E. C. Berry. 1980. Application efficacy and persistence of *Bacillus thuringiensis* when applied to corn for European corn borer. J. Econ. Entomol. 73 : 4-7.
11. Svestka, M. 1976. The influence of temperature on the effectiveness of biopreparations of *Bacillus thuringiensis*. Lesnictvi 2 : 77-86.

# **Studies on natural enemies of *Cnaphalocrocis medinalis* in Taiwan** *

Chien-Chung Chen and Shui-Chen Chiu

*Department of Applied Zoology*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Wufeng, Taichung, Taiwan 431*
*Republic of China*

## Summary

A survey of the natural enemies of the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera : Pyralidae), was conducted at 11 sites in Taiwan during July 1981 until June 1983. In all, 25 species of natural enemies, including 21 parasitoids, 2 pathogens, and 2 predacious spiders were collected. Among these parasitoids, *Trichogramma chilonis*, *Apanteles cypris*, and *Trichomma cnaphalocrocis* demonstrated particularly high rates of parasitization. The population of parasitic Hymenoptera changed in direct correlation with the rice leaf roller's different life stages.

Dipel (*Bacillus thuringiensis*) at a concentration of 0.02% was found to kill the 1st instar larvae of the rice leaf roller at a mortality rate of 96.6% in the laboratory. A suitable spreader-sticker (CS-7), combined withe Dipel, improved larvicidal effectiveness. Dipel was non-toxic to larvae, pupae, and adults of *T. chilonis.*

The *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera : Galleriidae), an insect pest of stored grain, was found to be a good alternate host for mass rearing of *T. chilonis.* 132 hours at 32°C were needed for development from egg to adult.

Four carbamate insecticides, viz., MIPC, Hokbal, Lannate, and Furadan, which are usually used to control the brown planthopper, proved to be highly toxic to *T. chilonis.* A fungicide, Hinosan, was also found to have the same effect.

* Supported by a grant 1982-4.1-47 (3—1) from Council for Agricultural Planning and Develpment, Executive Yuan, R. O. C.

臺灣省農業試驗所特刊第16號第293—322頁（1984） 

# 水稻對褐飛蝨抵抗性研究：特別論及寄主與生物小種間之相互作用*

鄭　清　煥

臺灣省農業試驗所嘉義分所

## 摘　要

褐飛蝨爲本省第二期稻作之主要害蟲，栽培抗蟲品種爲防治該蟲最經濟有效方法之一。目前水稻抗褐飛蝨育種工作雖已在本省奠下良好基礎，但鑑於褐飛蝨生物小種在東南亞栽植抗蟲品種地區造成危害，如何防患未然，仍成爲目前之重要研究課題。本項研究以配合本省抗褐飛蝨育種之進展及針對預防褐飛蝨生物小種之產生爲目的，進行各項試驗。在配合本省褐飛蝨育種方面，新引入及檢定抗蟲優良新種源32品種（系），以及引入〃田間抗蟲型〃稻種及釐定檢定此類型抗蟲品種之方法，以供育種及檢定之需要。另一方面測定本省新育成高級品系對褐飛蝨之抵抗程度，以供將來新品種推廣及對褐飛蝨防治之參考。

在預防生物小種之產生方面，觀察含不同抗蟲因子稻種與4種生物小種褐飛蝨之相互作用，生物小種在抗蟲及感蟲品種之取食行爲，生物小種在抗蟲品種存活能力之遺傳行爲以及觀察輪植及混植不同抗蟲因子品種對新有害生物小種產生抑制效果等。其結果顯示含不同抗蟲因子稻種對不同生物小種褐飛蝨之寄主偏好，存活率及危害程度均有極顯著之差異。由含 *Bph*-1 及 *Bph*-3 抗蟲因子品種所汰選出來之生物小種較由含有 *bph*-2 抗蟲因子選汰者具較大之危害能力。任何抗蟲品種對生物小種之危害均無組織之機械障礙足以妨碍其取食。生物小種不喜好在抗蟲品種取食可能因抗蟲品種缺乏昆蟲取食之刺激物質所致。生物小種存活於抗蟲品種之能力受隱性之數量因子所支配，利用輪植或混植不同抗蟲因子稻種證明可有效地抑制有害新生物小種之產生。

本省以往推廣之抗褐飛蝨品種均爲含 *bph*-2 因子之中等抗性品種，栽植此類品種在褐飛蝨大量發生時雖無法完全抑制褐飛蝨之危害，但可減少一半以上之施藥次數。此類品種對褐飛蝨汰選壓力較低，又無影響天敵之活動，很適用於害蟲綜合防治體系。然而爲防患大面積栽植同一抗蟲因子品種而汰選新有害之生物小種，育成不同抗蟲因子品種提供輪流或混合栽植乃成爲急待努力之課題。

## 前　言

自民國50年間，褐飛蝨由局部偶發性害蟲躍居爲本省水稻主要害蟲。歷經10餘年，其危害面積每年平均達8萬餘公頃(農林廳，1971—1982)，若無藥劑防治或防治不當，稻穀損失率可達17—90%，平均爲42%，或每公頃 2,000kg左右（鄭，1976）。農民爲防治此害蟲，第一期作需施藥劑1—2次，而二期作則需3—6次，方能抑制其危害損失。

鑑於褐飛蝨之猖獗危害，嘉義農業試驗分所於民國59年始着手於水稻對褐飛蝨抵抗性研究，10餘年來由抗蟲種源之引入及檢定，抗蟲機制之觀察以及與育種人員合作從事水稻抗褐飛蝨育種工作等均已獲若干結果，其中經政府命名育成之抗褐飛蝨稻種有嘉農秈11號、臺農秈12、14號、臺中秈10、16號以及臺農68號等。栽植抗蟲品種，無需施藥或僅施用1—2次藥劑即可有效抑制褐飛蝨造成經濟損失（鄭，1976），除可節省防治成本外，亦可避免因使用藥劑所引起之不良副作用，極具經濟價值。惜因抗蟲品種大部屬於秈稻，或因市場穀價之差異

* 行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—產—080（3—9）、70農建—5.1—產—06（3—9）與71農建—4.1—產—47（3—2）。

，或因抗蟲品種本身之若干缺陷，無法廣泛爲農民所接受，因此在稉稻抗蟲育種方面有待繼續加强辦理。

另一方面，由於在菲律賓、印尼、越南以及其他若干地區，在大面積栽植抗褐飛蝨品種 IR 26後，雖可有效地抑制褐飛蝨危害，但經2—3年抗蟲品種的汰選，而引起新生物小種之產生 (IRRI, 1976；Varca and Feuer, 1976；Mochida *et al.*, 1977)，致使原抗蟲品種之 IR 26亦遭受危害。雖然使用IR 32、IR 36 等含 *bph*-2抗蟲因子品種已有效抑制新生物小種褐飛蝨的危害 (Khush, 1979；Iman, 1981)，但對褐飛蝨生物小種之形成的有關生態，以及對策均有待深入瞭解，以期延長抗蟲品種之有效利用。本報告係將民國68至70年間有關水稻抗褐飛蝨新抗蟲遺傳種源之搜集，抗蟲品種雜交後代之檢定，新生物小種與不同抗蟲遺傳因子之交互作用，生物小種之遺傳行爲以及輪作及混植不同抗蟲遺傳因子品種對生物小種形成之抑制作用等各項研究之結果，整理成篇，以供有關人士參考。

## 材料及方法

### 1.抗褐飛蝨新遺傳種源之引入及檢定

本項工作與菲律賓國際稻米研究所合作，由該所國際褐飛蝨檢定圃提供材料，於本分所進行秧苗及田間檢定。秧苗檢定係將供試品種播種於塑膠盤 (30×45×5cm) 中，每種播種1行，長8cm，含秧苗10—15株，每盤中央並種植抗蟲品種 Mudgo及H 105與感蟲種TN 1一行爲對照。塑膠盤兩邊行種植 TN 1以防蟲數分佈不均，致使受檢品種有逃避被害之現象發生。播種後待秧苗長至3葉期，移入室內檢定臺接褐飛蝨2—3齡若蟲危害。接蟲數以平均每株秧苗蟲數5隻左右爲準，並盡量使之均勻分佈於各品種秧苗上。接蟲後，檢定臺罩上網帳，以防飛蝨之逃逸或外界天敵侵入干擾。各供試品種秧苗受害程度於接蟲後5天開始按國際稻米研究所所訂標準區分5級調查記錄，其後每隔一天調查一次直至感蟲秧苗全部被害枯死爲止。此項檢定工作分三次擧行，每次測定供試品種 (系) 對一種生物小種之反應。每次測定，每品種重複2次。

田間抗蟲性檢定之目的在於觀察各品種在田間之抗蟲性，對其他病蟲害反應以及一般之農藝性狀。每一品種種植兩行共40叢，品種與品種間種植感蟲品種 TN 1兩行，使褐飛蝨得能在田間均勻分佈。試驗田四周種植 TN 1各5行爲保護行。每品種重複2次，隨機排列。水稻移植後30天開始調查褐飛蝨蟲數，各品種以直接估算法調查20叢，其後每隔15天調查一次。各品種遭受病蟲危害程度及其他農藝性狀，於每次調查時一併記載。

### 2.水稻抵抗褐飛蝨「田間抗蟲型」稻種檢定方法之釐定

一般認爲作物抗蟲性由單因子所支配者 (直式抗蟲因子型) 易爲生物小種所適應而失去抗蟲性，而由數量因子 (田間抗蟲型或橫式抗蟲因子型) 所控制者則較爲不易選汰新生物小種，其抗蟲性較爲穩定。然而水稻抗褐飛蝨品種中被認爲屬於橫式抗蟲型者應用秧苗檢定法檢定均屬於感蟲級，但栽植於田間任褐飛蝨自然危害，則歸屬於中等抗蟲級。由於其抗蟲性狀通常於水稻生育至相當程度始表現出，因之又稱爲「成株抗蟲型」稻。此類品種不能用一般秧苗檢定法檢定，而於田間檢定需利用大量土地及人力，諸多不便，因此需釐定一套較簡易之方法，以利將來育種檢定大量雜交後代之需。

本項田間抗蟲型稻種之檢定方法曾就(1)盤栽秧苗，於不同生長期接蟲危害，(2)褐飛蝨在各供試品種30日齡秧，棲群成長，及在各品種取食之排泄量等爲依據進行比較試驗。第一項試驗之供試稻齡區分爲15、30、45及60日等4等級。供試稻種如秧苗檢定法種植於塑膠盤 (43.5×32.5 ×15cm)，待其長至上述齡期時區分兩種方式接蟲。其一爲接大量若蟲危害，按水稻齡期15、30、45及60日，每株稻平均接5、20、40及60隻若蟲危害；另一爲接成蟲產卵危害，按稻齡順序平均每4株稻接雌成蟲1、1、2及2隻產卵危害。每處理重複兩次。接蟲後每隔1天調查其被害等級一次，直至感蟲品種被害枯死爲止。

第二次試驗係將盆栽30日齡供試稻，每盆用網罩接入甫孵化若蟲10隻，接蟲後20日計數其生存蟲數，40日計數其繁殖蟲數，每品種重複5次。第三項試驗則利用供試品種移植後30日齡稻，測定褐飛蝨在各品種之排泄量，其測定方法係將供試稻株，每盆僅留一株，餘者剪除，然後於栽培盆面套置塑

膠板，於板面放置濾紙，然後於濾紙上倒扣塑膠杯（直徑6cm×高55cm），各罩入5隻1日齡雌成蟲，使其在稻株上取食後排泄之分泌物排於濾紙上，經過24小時，取出濾紙，用 Ninhydrine 0.001% 丙酮液處理，則吸有分泌物之部位將顯出紫斑痕，該斑痕之大小用透明方格紙量其面積，可概略地測出褐飛蝨在各供試品種稻株上取食量之差異。每品種處理重複5次。

**3.本省新育成水稻高級品系對褐飛蝨之抵抗性檢定**

本省新育成水稻之高級品系於推廣命名前均需經過測定其對主要病害蟲之抵抗性檢定。有關其對褐飛蝨之抵抗性檢定係利用盤栽秧苗法測定，其方法與一般抗蟲種源檢定法相同。

**4.褐飛蝨生物小種與抗蟲品種間之交互作用**

本項試驗分別就褐飛蝨生物小種在各種不同抗蟲品種之取食偏好，生存及增値，爲害以及取食行爲，遺傳以及輪植及混植含不同抗蟲因子品種對生物小種形成等進行試驗，其方法分別列述如下：

a）生物小種之寄主偏好及選擇危害

含有 *Bph*-1, *bph*-2, *Bph*-3, *bph*-4 及感蟲對照等共10品種，共同栽植塑膠盤，每品種一行含秧苗15株，隨機排列，重複2次。7天後各接不同生物小種2—3齡若蟲危害，接蟲後3天記數在各秧苗之蟲數，5天後測量秧苗株高，其後每日記錄各種秧苗被害等級，直至感蟲品種死亡爲止。

爲比較各生物小種在成株稻之偏好及爲害反應，同樣品種90日齡栽培稻，每品種一盆，罩於同一紗網（1×1×1.8m）內，每網接成蟲6對，每生物小種處理重複6次。成蟲在各品種上之蟲數於接蟲後6天調查，再經10天調查各品種稻株之若蟲數。各品種受害程度則每日記錄之，直至感蟲品種死亡爲止。

b）生物小種在各抗蟲品種上之生存率及棲羣成長

每生物小種甫孵化若蟲各別飼養於不同抗蟲品種10日齡秧苗，秧苗水耕於玻璃試管（2.5×20cm），每管1支，每兩天更換一次。若蟲之齡期及其存活率每日記錄1次。

生物小種在各種抗蟲品種之棲羣增殖試驗係利用各品種40日齡盆栽稻舉行，每盆稻接種新羽化成蟲2對，重複6次，接蟲7天後記數成蟲之存活率，30日後記數其若蟲數。

c）生物小種在各抗蟲品種上之無選擇爲害

各抗蟲品種單本植60日齡盆栽稻，每盆稻接一種生物小種2—3齡若蟲300隻爲害，重複6次。接蟲後15天計數每盆存活蟲數，其後每日檢視水稻被害等級直至感蟲品種被害枯死爲止。

d）生物小種在不同抗蟲品種之取食行爲

本項試驗分別測定各種生物小種在不同抗蟲品種上固定時間內之取食頻度，取食部位以及蜜露之排泄量等。取食頻度之測定係以15日齡無蟲害之秧苗，單株水耕於玻璃管中，每管接入1日齡雌成蟲一隻，然後移置於保持 30°±1°C 及14小時光照之定溫箱中，24小時後取出秧苗浸於 0.1% Rhodamin 之染液中5—6分鐘，則褐飛蝨取食部位將被染成紅色，於擴大鏡下記數其食痕數。每生物小種在每品種秧苗重複10次。

取食部位之測定係將不同抗蟲品種之20日齡秧苗，每株採用塑膠杯將褐飛蝨雌飛蝨成蟲10隻罩於水稻基部 10cm 處取食24小時，其後取下被取食部位之葉鞘使用 jensen（1962）方法行石臘切片，染色，並於顯微鏡下檢視其取食部位及口針在各抗蟲品種之分支數等。每生物小種在各品種之處理重複4次。

蜜露分泌量係將各抗蟲品種30日齡盆栽稻，每品種每生物小種6重複，按第二項試驗測蜜露排泄量方法實施。

e）生物小種爲害不同抗蟲品種能力之遺傳行爲

本試驗係利用保存於嘉義農業試驗分所之褐飛蝨 biotype Ⅰ, Ⅱ及Ⅲ爲材料進行互交，此三種生物小種並無形態上之差異，而祇能從其對含有不同抗蟲因子水稻之反應加以判別：biotype Ⅰ 不能在 Mudgo（含 *Bph*-1因子）品種造成明顯的危害，只能在H 105（含 *bph*-2 因子）品種造成中等危害，而可在TN 1（無含抗蟲因子）造成嚴重危害；biotype Ⅱ 可在 H 105 造成中等危害，但可在 Mudgo及TN1造成嚴重危害；而 biotype Ⅲ不能在 Mudgo 造成明顯危害，但可在 H 105及 TN1 造成嚴重危害。換言之，Mudgo 對Ⅰ及Ⅲ具抵抗性，但對 biotype Ⅱ呈感蟲性；H 105 對 biotype Ⅰ及Ⅱ呈中等抗蟲性，但對 biotype Ⅲ呈感蟲性；

而TN 1 對三種生物小種均呈感蟲性。

三組互交為biotypes Ⅰ×Ⅱ, biotypesⅡ×Ⅲ，biotypesⅡ×Ⅲ, biotypesⅠ×Ⅲ。每一互交組合係以其父母生物小種各10隻飼育於TN 1 品種上進行集團交配，其所產生之後代$F_1$的雌成蟲亦同樣讓其在 TN 1 品種上進行自交及回交。以其所獲之次代一齡若蟲接於判別稻種觀察其生存及危害能力。Mudgo被用作 biotypee Ⅰ×Ⅱ及 biotypes Ⅱ×Ⅲ互交組合之判別品種，而 H 105用作 biotypes Ⅰ×Ⅲ互交組合之判別品種。

各雜交組各生物小種之後代在判別品種上之生存能力試驗係將父、母生物小種 $F_1$, $F_2$, $BC_1$ $BC_2$ 之一齡若蟲，接於以水耕法栽植於玻璃試管（5×18cm）之判別品種10日齡秧苗，每試管植秧苗2株，接若蟲10隻，每處理重複10次。接蟲後試管之秧苗每3日更新一次，若蟲之存活率則每天調查一次。當若蟲變成蟲時，即被移出以便記錄每隻若蟲發育所需時間。待能在判別品種上生存之生物小種的若蟲完全變為成蟲時，則互交後代之若蟲，其齡期較5齡為小者均將視為無法生存個體。

上述父母生物小種及其互交之 $F_1$, $F_2$, $BC_1$ 及 $BC_2$ 之若蟲危害判別品種能力測定係將該等若蟲分別接於盆栽單本植15日齡之秧苗，每盆接蟲4隻，每處理重複10次。接蟲後每日觀察秧苗被害程度直至感蟲秧苗完全死亡為止。

f）輪植及混植含有不同抗蟲因子品種對新生物小種演化之抑制效果

本試驗選用Mudgo（含 *Bph*-1因子），H 105（含 *bph*-2因子）及TN 1（感蟲品種）為材料，各品種分別栽植於10×12cm之陶盆，每盆栽植5株。30天後各品種稻株按處理區分為下列方法飼養由田間採集之褐飛蝨：(1)將褐飛蝨分別連續飼養於上述品種12世代，(2)將褐飛蝨輪流飼養於上述品種中，每品種4世代（相當於一期稻作褐飛蝨所能繁殖之代數），(3)將褐飛蝨飼於同時含有上述三品種稻之養蟲籠，連續12世代。

試驗所用褐飛蝨係採自嘉義農業試驗分所農場，由田間所採得之雌成蟲100隻先飼養 TN 1 稻產卵，其次代1齡若蟲，以每組50隻飼養於一養蟲籠（50×50×100cm）養蟲籠內之水稻品種按上述處理安排。每一養蟲籠置放六盆稻，品種隨機置放。每處理重複4次。當次代若蟲出現時，隨機吸取50隻移於新籠（籠內品種隨處理而異），其餘則用殺蟲劑毒殺。按上述飼養所獲之若蟲，每經2世代將測定其在 Mudgo, H 105 及 TN 1 品種之存活率。其測定方法與上節測定生物小種間雜交後代在判別品種上之存活率方法相同。

**5.本省新育成抗蟲品種（系）對褐飛蝨之防治效果**

新育成抗蟲品種之田間試驗於民雄鄉農民田舉行，其目的在於測定各品種（系）在各稻作生育期間，於不施用殺蟲藥劑情況下之表現。本項試驗於民國69年二期作舉行。為增加褐飛蝨棲群密度，試驗田延至8月7日插秧。供試稻種有嘉農秈11號、臺農秈12號、臺中秈10號、嘉農育250(臺農68號)、嘉農育 249、臺農67號及臺中在來1號等。小區面積為 30m²，逢機完全區集排列，3重複。水稻移植後每兩週調查褐飛蝨密度一次。每次調查，由各小區中隨機取樣30叢，以目數方式調查褐飛蝨及其捕食性天敵蟲數。水稻收割時，每小區收割 400叢，晒乾後計算公頃產量。為便於比較無藥劑處理與藥劑保護之產量差異，同試驗區另設與上述排列相同之藥劑處理區一處，移植後30，50及70日各施用 3% Furadan 40kg/ha一次，資以防治褐飛蝨之危害。

## 結 果

**1.抗褐飛蝨新遺傳種源之引入及檢定**

本項檢定於民國 68 年自國際稻米研究所引入162品種(系)，室內檢定同時對本分所保存3種褐飛蝨生物小種呈抗性者有93品種（系），具有*Bph*-1抗蟲因子者有25品種（系），*bph*-2抗蟲因子者9品種（系）。民國69年引入 101品種（系），同時對三種生物小種呈抗性者有60種（系），含*Bph*-1者4品系，*bph*-2者16品系。民國70年引入 135品種（系），同時抗三種生物小種者有 89 品種（系），含*Bph*-1 因子者22品系，*bph*-2因子者有 11品系。在此三年檢定之品種（系），大部分為 Rathu-Heenati（含*Bph*-3因子），Babawee（含*bph*-4因子）及Ptb 33 （含一顯性及一隱性因子）之後代，對三種生物小種均具抗蟲性。其抗蟲性較以往含*Bph*-1者為優。然種植此等品種於田間，大部分於移植後80至90餘天始抽穗，或其農藝性狀

不佳，不適本省環境；另有少部分對紋枯病或小粒菌核病特別敏感。這些品系均予淘汰，而其被認爲抗蟲性及農藝性較佳，適用於本省抗褐飛蝨育種材料者列如表1。由於此等品系均屬於經改良之半矮性型，且其農藝性、抽穗期均經篩選，可爲本省抗褐飛蝨育種取材之參考。

表1. 新引入抵抗褐飛蝨優良種源之室內及田間抗蟲性表現

**Table 1.** Some newly introduced BPH resistant sources considered as good for breeding material to be used in Taiwan

| Varieties (or lines) | Origin | Heeding DAT | Reaction to Biotype I | Reaction to Biotype II | Reaction to BiotypeIII | Field test: No. BPH/ hill 80 DAT | Field test: Damage grading |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1979 | | | | | | | |
| BKNBR 1030-11-2 | Tailand. | 75 | 1 | 9 | 5 | 11.2 | 1 |
| IR 8608-75-3-1 | Philip. | 65 | 1 | 1 | 1 | 24.6 | 1 |
| IR 9129-203-3-2-2 | Philip. | 65 | 1 | 1 | 2 | 24.8 | 1 |
| KAU 10665 | India. | 75 | 1 | 3 | 1 | 5.1 | 1 |
| KAU 10658 | India. | 75 | 1 | 3 | 3 | 3.2 | 1 |
| YR 1805-52B | Korea. | 65 | 5 | 1 | 6 | 18.6 | 1 |
| BKNBR-1139-24-3 | Tailand. | 75 | 3 | 8 | 4 | 36.3 | 1 |
| IR 13240-8-1 | Philip. | 65 | 2 | 2 | 5 | 19.7 | 1 |
| IR 13429-196-1 | Philip. | 65 | 2 | 1 | 1 | 13.8 | 1 |
| IR 13429-62-2 | Philip. | 75 | 1 | 3 | 1 | 11.9 | 1 |
| 1980 | | | | | | | |
| BG367-3 | Sri Lanka. | 60 | 1 | 1 | 1 | 82.5 | 3 |
| BG367-4 | Sri Lanka. | 70 | 1 | 1 | 1 | 47.5 | 3 |
| BG367-8 | Sri Lanka. | 70 | 1 | 1 | 1 | 21.8 | 3 |
| IR 9309-26-2-2-2-3 | Philip. | 70 | 1 | 1 | 2 | 13.8 | 3 |
| IR 9209-47-1-1-6-2 | Philip. | 70 | 4 | 4 | 6 | 20.0 | 3 |
| IR 9224-140-3-2-2-3 | Philip. | 70 | 1 | 1 | 1 | 121.3 | 3 |
| IR 9224-223-2-2-2-1 | Philip. | 70 | 1 | 1 | 2 | 36.3 | 3 |
| IR 9752-71-3-2 | Philip. | 70 | 1 | 1 | 4 | 43.8 | 4 |
| IR 14329-196-1-2-1 | Philip. | 70 | 3 | 4 | 3 | 40.0 | 3 |
| IR 13429-3-2 | Philip. | 60 | 1 | 1 | 1 | 26.3 | 2 |
| IR 13429-86-2 | Philip. | 60 | 2 | 2 | 1 | 47.5 | 3 |
| 1981 | | | | | | | |
| IR 46 | Philip. | 70 | 1 | 7 | 1 | 10.8 | 2 |
| IR 13525-118-3-2-2-2 | Philip. | 70 | 1 | 1 | 1 | 21.8 | 2 |
| IR 13535-21-2-3-3-2 | Philip. | 65 | 1 | 1 | 1 | 7.7 | 3 |
| IR 13540-56-3-2-1 | Philip. | 75 | 1 | 1 | 1 | 12.5 | 2 |
| IR 15324-117-2-2-3 | Philip. | 75 | 1 | 1 | 1 | 8.3 | 1 |
| IR 17429-18-6-1-1-3-3 | Philip. | 70 | 1 | 1 | 1 | 15.8 | 2 |
| IR 17525-114-2-1-1 | Philip. | 70 | 1 | 1 | 1 | 10.2 | 2 |
| IR 19660-274-3-3-1-3 | Philip. | 70 | 1 | 2 | 1 | 12.5 | 2 |
| IR 21929-12-3-3 | Philip. | 70 | 1 | 1 | 1 | 13.0 | 3 |
| KAU 1626-2 | India. | 65 | 1 | 5 | 1 | 6.3 | 4 |
| OB 678 | Sri Lanka. | 75 | 1 | 6 | 1 | 31.2 | 3 |

## 2.水稻抵抗褐飛蝨田間抗蟲型稻種檢定方法之釐定

「田間抗蟲型」品種Kencana, Utri-Rajapan及Triveni於室內以20日齡秧苗進行檢定，對三種生物褐飛蝨之危害雖略較感蟲品種TN1爲輕微，但均類歸爲感蟲性反應。若危害蟲數予增再多，或危害期再予延長，則無法與感蟲品種加以區分（表2）。然而將這類品種植於田間讓褐飛蝨選擇危害，則褐飛蝨在此等品種之蟲數明顯地較其他抗蟲品種爲多，但較感蟲品種爲少。因此當感蟲品種被害枯萎時，這類品種只遭受到輕微至中等危害，顯示其田間之抗蟲特性。

於室內以15，30，45及60日齡稻株應用高密度

表2. 若干水稻品種在室內秧苗檢定及田間成株檢定對褐飛蝨危害反應之差異

**Table2.** Differences in reactions of some resistant varieties to the infestation of BPH when tested at seeding stage in the laboratory and abult-plant in the field

| Varieties[2] | Seedling test at Lab. | | | Field test[1] | | Damage grading |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | BPH/hill | | |
| | Biotype I | Biotype II | Biotype III | 60DAT | 70DAT | |
| Sinna-Sivappu (R. 2 genes) | 2 | 1 | 3 | 8.1 | 7.4 | 1 |
| Kencana (FR) | 8 | 9 | 7 | 42.3 | 352.2 | 5 |
| IR 26 (*Bph*-1) | 3 | 9 | 5 | 12.2 | 18.9 | 2 |
| IR 46 (*Bph*-1) | 2 | 9 | 5 | 8.6 | 17.7 | 1 |
| ASD 7 (*bph*-2) | 7 | 7 | 9 | 23.3 | 35.4 | 3 |
| Utri Rajapan (FR) | 9 | 8 | 8 | 14.6 | 34.7 | 3 |
| Triveni (FR) | 8 | 8 | 8 | 30.2 | 47.3 | 5 |
| TN1 (S) | 9 | 9 | 9 | 96.1 | 661.7 | 9 |

1). Biotype I was prodominat in the field conditions. DAT : days after transplanting.

2). FR : field-resistance variety, *Bph*-1 : variety having *Bph*-1 resistance gene, *bph*-2 : variety having *bph*-2 resistance gene, R. two genes : variety with two unidendified resistance genes, S : susceptible variety.

褐飛蝨危害，則田間抗蟲型稻均遭受到嚴重危害（表3），很難與感蟲品種加以區分。然而若以接入少數之成蟲，讓其選擇稻種產卵，則於次代若蟲期間褐飛蝨在感蟲與田間抗蟲型品種30日齡期以上之稻株所造成之危害即有明顯的差異（表3），此項結果顯示用盤栽秧苗法，待植株長至30日齡後，以每4株稻接一雌成蟲密度危害，即可將此類屬於「田間抗蟲型」稻給予檢定出來。

比較三種生物小種褐飛蝨在「田間抗蟲型」稻30日齡稻之蜜露分泌量，顯示褐飛蝨在各抗蟲品種之蜜露分泌量與水稻之抗蟲程度具密切的關係。在單因子抗蟲型稻種如IR 26, IR 46及ASD 7，不同生物小種褐飛蝨在不同因子抗蟲型稻種之蜜露分泌量差異很大，如biotypeⅡ在 IR 26及46 品種分泌之蜜露量顯較 biotypeⅠ或Ⅲ爲多。然而三種生物小種在「田間抗蟲型」稻種均可排泄相當量之蜜露，顯示這類品種對生物小種之反應無明顯之差異（表4）。進一步比較各生物小種在感蟲品種與田間抗蟲型稻種之蜜露排泄量，並無明顯之差異，顯示田間抗蟲型稻並無明顯之抗生作用。

比較三種生物小種在「田間抗蟲型」稻及單因子抗蟲型稻與感蟲品種之存活率及棲羣增殖情形，

表3. 「田間抗蟲型」稻於不同秧齡期對不同數量褐飛蝨危害之反應差異

**Table 3.** Differences in reaction of "field resistant varieties" to BPH infestation when tested with different screening methods at various age of plants

| Stage of seedling (days) | Varieties[1] | | Damage grading[4] | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Treatment A[2] | Treatment B[3] |
| 15 | Triveni | (FR) | 9 | 9 |
| | Utri Rajapan | (FR) | 9 | 9 |
| | Kencana | (FR) | 9 | 9 |
| | I R26 | (Bph-1) | 4 | 4 |
| | Sinna-sivappu | (R. 2 genes) | 3 | 4 |
| | TN 1 | (S) | 9 | 9 |
| 30 | Triveni | (FR) | 8 | 2 |
| | Utri Rajapan | (FR) | 9 | 4 |
| | Kencana | (FR) | 8 | 4 |
| | I R26 | (Bph-1) | 3 | 2 |
| | Sinna-sivappu | (R. 2 genes) | 2 | 1 |
| | TN 1 | (S) | 9 | 9 |
| 45 | Triveni | (FR) | 9 | 3 |
| | Utri Rajapan | (FR) | 7 | 2 |
| | Kencana | (FR) | 8 | 4 |
| | I R26 | (Bph-1) | 4 | 2 |
| | Sinna-sivappu | (R. 2 genes) | 2 | 1 |
| | TN 1 | (S) | 9 | 9 |
| 60 | Triveni | (FR) | 8 | 3 |
| | Utri Rajapan | (FR) | 8 | 3 |
| | Kencana | (FR) | 9 | 4 |
| | I R26 | (Bph-1) | 4 | 2 |
| | Sinna-sivappu | (R. 2 genes) | 3 | 1 |
| | TN 1 | (S) | 9 | 9 |

1). FR : field-resistance variety, *Bph-1* : variety having *Bph-1* resistance gene, *bph-2* : variety having *bph-2* resistance gene, R. two genes : variety with two unidendified resistance genes, S : susceptible variety.

2). Treatment A : seedlings at 15-, 30-, 45- and 60-day-old were infested with 5, 20, 40 and 60 second-to third-instar nymphs per seedling, respectively.

3). Treatment B : seedlings at 15-, 30-, 45- and 60-day-old were infested with mated-female at a rate of 1, 1, 2, 2, females per seedling, respectively. In this treatment, the symptom of damage appeared during nymphal stage of the following generation.

4). Damage grading : 1 : slightly damaged, 9 : all plants killed.

**表4.** 褐飛蝨在「田間抗蟲型」稻及抗蟲品種與感蟲品種上取食之蜜露排泄量及棲羣成長差異

**Table 4.** Amount of honeydew excretion and population development of BPH biotypes on "field resistant" varieties

| Varieties[2] | Honeydew area/mm[2,3] | | | Survival (%)[4] | | | BPH/pot[4] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B I[1] | B II | B III | B I | B II | B III | B I | B II | B III |
| Sinna-Sivappu (R. 2 genes) | 10 | 68 | 56 | 8 | 16 | 14 | 6 | 8 | 11 |
| Kencana (FR) | 414 | 130 | 134 | 76 | 65 | 74 | 513 | 348 | 289 |
| I R 26 (*Bph*-1) | 554 | 135 | 49 | 21 | 75 | 14 | 11 | 136 | 26 |
| I R 46 (*Bph*-1) | 51 | 162 | 39 | 8 | 54 | 11 | 9 | 98 | 12 |
| ASD 7 (*bph*-2) | 83 | 91 | 226 | 20 | 19 | 63 | 69 | 52 | 101 |
| Utri Rajapan (FR) | 194 | 303 | 182 | 75 | 81 | 76 | 106 | 264 | 184 |
| Triveni (FR) | 241 | 154 | 198 | 71 | 68 | 64 | 168 | 142 | 132 |
| TN 1 (S) | 303 | 193 | 169 | 92 | 87 | 89 | 550 | 389 | 416 |

1). BI : Biotype I, BII : Biotype II, BIII : Biotype III.

2). FR : field-resistance variety, *Bph*-1 : variety having *Bph*-1 resistance gene, *bph*-2 : variety having *bph*-2 resistance gene, R. two genes : variety with two unidendified resistance genes, S : susceptible variety.

3). Honeydew area : honeydew area ($mm^2$) excreted by 5 females for 24hrs.

4). Thirty-day-old plant each infested with 10-first-instar nymphs, surival rate of the insect was recorded 20 days after infestation, and number of BPH each pot was recorded 40 days after infestation.

顯示三種生物小種在「田間抗蟲型」稻可存活60%以上，而在感蟲品種則高達80%以上，生物小種間無顯著差異。生物小種在單因子抗蟲品種之存活率，隨其適應品種而異，如 biotype Ⅲ在ASD 7(含 *bph*-2因子) 之生存率較其他兩種生物小種爲高。三種生物小種在 Sinna-Sivappu （含兩個未確定之抗蟲因子）則均甚低（表４）。各生物小種在各類型抗蟲品種及感蟲品種之棲羣增殖數與其在該品種之存活率呈正相關關係，在 Sinna-Sivappu 最低，在感蟲品種最高，而於「田間抗蟲型」稻種則略較感蟲品種爲低。

由上述結果，可知「田間抗蟲」品種之抗蟲程度頗低，對任何生物小種無具抗生作用，因此不會產生選汰作用。「田間抗蟲型」稻之抗蟲機制可能爲低程度之非偏好作用及高度之容忍作用所致。

### 3.本省新育成水稻高級品系對褐飛蝨抵抗性檢定

本省新育成水稻高級品系對褐飛蝨抵抗性檢定於69年檢定135品系，對褐飛蝨 biotype Ⅰ反應屬於抗性者有嘉農系比662034等27品系，中等抗蟲性者有嘉農系比662007等12品系。在抗蟲及中抗級中屬於梗稻型者有４品系，秈稻型者35品系，兩者合佔供試品系之28.9%其抗蟲性品系列如表５。

70年度共檢定 147品系，屬於抗蟲型者有臺農育 6034等42品系，中等抗蟲級者有高秈育268等 5 品系（表 5 ）。兩者合佔供試品種之31.3%。

71年度檢定42品系，屬於抗蟲型者佔14品系（表 5 ）；其中秈稻型 112品系，稉稻型者 2 品系，兩者合計佔供檢數之33.5%。

表5. 民國69至71年本省新育成水稻高級品系對褐飛蝨呈抵抗性品系名稱

**Table 5.** Newly developed rice selections in Taiwan that show resistance to BPH. 1979—1981

| Resistance | | | | Moderate Resicusela | |
|---|---|---|---|---|---|
| Chianon hsi-pi | 662007—1 | Tainon sen-yu | 23 | Chianon hsi-pi | 662013 |
| | 662007—2 | | 53 | | 662015 |
| | 662014—1 | | 61 | | 671003 |
| | 661073 | | 62 | | 661074 |
| | 662034 | | 63 | | 651046 |
| | 662014—5 | | 64 | | 662027 |
| | 661020 | | 65 | | 662014—1 |
| | 662098 | | 67 | Chianon sen-yu | 20 |
| | 671112 | | 70 | Tainon sen-yu | 19 |
| | 662071 | | 71 | | 21 |
| | 671074 | | 72 | | 22 |
| | 671177—1 | | 73 | | 24 |
| | 671178—1 | | 75 | | 24 |
| | 672063 | | | | 34 |
| | 672111 | | 2641—1 | | 36 |
| | 181030 | | 76 | | 40 |
| | 681065 | | 77 | | 51 |
| | 681068 | | 78 | | 66 |
| | 681020 | | 79 | | 68 |
| | 681021 | | 80 | | 69 |
| | | | 81 | | 74 |
| Chianon sen-yu | 21 | | 82 | | |
| | 23 | | 83 | | |
| | 24 | | | Taichung sen-yu | 227 |
| | 25 | | | | 281 |
| | 26 | Taichung sen-yu | 280 | | 285 |
| | 27 | | 223 | | 321 |
| | 28 | | 313 | Taichung sen-yu | 228 |
| | 29 | | 318 | | 299 |
| | 30 | | 322 | | 323 |
| Tainon yu | 6034 | Taichung sen-yu | 325 | Taichung su | 239 |
| | 6244 | | | | 247 |
| | 6293 | Kaohsiung sen-yu | 154 | | |
| | 6318 | | 204 | Taichung sen | 10 |
| | 6465 | | 209 | Tainon sen-yu | 40 |
| | | | 225 | Kaohsiung sen-yu | 116 |
| Tainon sen-yu | 11 | | 226 | | 169 |
| | 19 | | 282 | | 207 |
| | 20 | | 286 | | 268 |

依據民國65年開始從事本項工作以來，每年抗蟲品系所佔百分率有逐年增加之趨勢（表 6 ）。秈稻部分由65年之21.7%增至71年之85.7%，可見秈稻新育成之品系大部屬於抗褐飛蝨品系，而稉稻部分則雖亦逐年增加中，但仍屬偏低。由於稉稻栽培面積佔全水稻生產面積之90%以上，因此今後必需極積加强。

**4.褐飛蝨生物小種與抗蟲品種間之交互作用**

表6. 民國65至71年本省新育成水稻品系中抗褐飛蝨品系之百分率

**Table** 6. Percentage of BPH-resistance selections in rice of newly developed in Taiwan

| Year | Selections tested | | BPH-resistance (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Indica | Japonica | Indica | Japonica | Total |
| 1976 | 69 | 106 | 21.7 | 2.8 | 10.3 |
| 1977 | 61 | 125 | 85.2 | 0.8 | 28.5 |
| 1978 | 35 | 105 | 40.0 | 2.9 | 12.1 |
| 1979 | 75 | 91 | 52.1 | 9.9 | 28.9 |
| 1980 | 57 | 78 | 61.4 | 5.1 | 28.9 |
| 1981 | 51 | 96 | 69.8 | 10.4 | 31.3 |
| 1982 | 14 | 28 | 85.7 | 7.1 | 33.5 |

表7. 四種褐飛蝨生物小種對含有不同抗蟲因子品種15日齡秧苗寄主偏好及危害

**Table** 7. Host preference and seedling damage by 4 biotypes of BPH on 15-day-old seedlings of rice varieties with different resistance genes (May, 1981)

| Varieties | Biotypes I | | Biotypes II | | Biotypes III | | Biotypes IV | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | No. insect/pt. | damage grading[1)] | No. insect/pt. | damage grad-ing[1)] | No. insect/pt. | damage grad-ing[1)] | No. insect/pt. | damage grad-ing[1)] |
| TN 1 (S) | 5.8 a | 9 | 6.3 a | 9 | 4.3 ab | 9 | 9.2 a | 9 |
| Tainon 67 (S) | 4.2 b | 9 | 4.7 bc | 9 | 3.6 ab | 9 | 6.8 b | 9 |
| Mudgo (*Bph*-1) | 1.5 e | 2 | 4.2 cd | 9 | 0.7 c | 2 | 4.0 d | 3 |
| I R 26 (*Bph*-1) | 1.2 c | 2 | 4.4 c | 9 | 1.3 c | 2 | 4.7 cd | 3 |
| H 105 (*bph*-2) | 4.7 ab | 6 | 2.9 de | 7 | 4.7 a | 9 | 5.8 bc | 9 |
| A S D 7 (*bph*-2) | 3.7 b | 6 | 5.0 b | 8 | 4.4 ab | 9 | 6.2 bc | 9 |
| Rathuheenati (*Bph*-3) | 0.6 c | 2 | 1.8 ef | 3 | 1.1 c | 2 | 3.7 d | 9 |
| Muthumanikan (*Bph* 3) | 0.5 c | 2 | 1.4 f | 3 | 0.4 c | 2 | 3.6 d | 9 |
| Babawee (*bph*-4) | 0.8 c | 2 | 1.0 f | 3 | 0.3 c | 1 | 3.2 d | 2 |

1). Damage grading : 0 : no visual damage ; 9 : plant killed completely.

**表8.** 四種褐飛蝨生物小種對含有不同抗蟲因子品種60日齡稻之寄主偏好及危害

**Table 8.** Host preference and plant damage of 4 biotypes of BPH on 60-day-old plants of rice varieties with different resistance genes (July, 1981)

| Varieties | | No. female/hill 6 DAI | No. Nymphs/hill 16 DAI | No. plant killed | Duration of pt. killed (DAI) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Biotype I | | | |
| TN 1 | (S) | 22.25 a | 674.6 a | 6 | 24.6 |
| Tainon 67 | (S) | 11.00 bc | 608.5 a | 6 | 25.3 |
| Mudgo | (Bph-1) | 4.00 d | 87.5 d | 2 | 34.5 |
| I R 26 | (Bph-1) | 0.50 e | 272.5 b | 2 | 32.8 |
| H 105 | (bph-2) | 5.75 cd | 262.5 b | 4 | 28.0 |
| A S D 7 | (bph-2) | 12.50 b | 305.0 b | 4 | 26.5 |
| Rathuheenati | (Bph-3) | 0.25 e | 82.5 d | 0 | — |
| Muthumanikan | (Bph-3) | 0.25 e | 82.5 d | 0 | — |
| Babawee | (bph-4) | 0.13 e | 55.0 d | 0 | — |
| Thirissa | (bph-4) | 4.75 d | 160.0 c | 0 | — |
| | | Biotype II | | | |
| TN 1 | (S) | 17.25 a | 375.4 a | 6 | 23.6 |
| Tainon 67 | (S) | 14.25 a | 250.8 b | 6 | 24.5 |
| Mudgo | (Bph-1) | 11.25 b | 190.4 bc | 6 | 27.4 |
| I R 26 | (Bph-1) | 7.00 b | 220.0 b | 6 | 25.2 |
| H 105 | (bph-2) | 2.50 c | 152.7 cd | 3 | 26.3 |
| A S D 7 | (bph-2) | 3.25 c | 134.6 cd | 5 | 26.5 |
| Rathuheenati | (Bph-3) | 0.25 c | 18.8 e | 0 | — |
| Muthumanikan | (Bph-3) | 0.25 c | 31.4 e | 0 | — |
| Babawee | (bph-4) | 0.25 c | 32.5 e | 0 | — |
| Thirissa | (bph-4) | 0 c | 95.3 d | 3 | 27.5 |
| | | Biotype III | | | |
| TN 1 | (S) | 11.75 b | 533.2 ab | 6 | 24.6 |
| Tainon 67 | (S) | 9.00 b | 614.4 a | 6 | 27.5 |
| Mudgo | (Bph-1) | 3.00 c | 127.5 d | 1 | 34.0 |
| I R 26 | (Bph-1) | 1.00 cd | 237.3 c | 1 | 32.0 |
| H 105 | (bph-2) | 20.50 a | 475.6 b | 6 | 27.5 |
| A S D 7 | (bph-2) | 13.25 ab | 250.4 c | 6 | 25.0 |
| Rathuheenati | (Bph-3) | 0.25 d | 67.5 e | 0 | — |
| Muthumanikan | (Bph-3) | 0.25 d | 87.3 e | 0 | — |
| Babawee | (bph-4) | 0.25 d | 80.1 de | 0 | — |
| Thirissa | (bph-4) | 2.00 cd | 165.3 cd | 2 | 31.5 |
| | | Biotype IV | | | |
| TN 1 | (S) | 13.50 a | 322.5 a | 6 | 24.5 |
| Tainon 67 | (S) | 14.25 a | 265.4 ab | 6 | 25.5 |
| Mudgo | (Bph-1) | 0.50 de | 98.3 de | 0 | — |
| I R 26 | (Bph-1) | 0.50 e | 132.4 de | 1 | 26.0 |
| H 105 | (bph-2) | 5.25 bc | 182.3 bcd | 5 | 24.0 |
| A S D 7 | (bph-2) | 9.75 ab | 232.5 bc | 4 | 25.3 |
| Rathuheenati | (Bph-3) | 2.75 cd | 91.3 e | 2 | 32.4 |
| Muthumanikan | (Bph-3) | 7.25 b | 150.2 c | 2 | 30.6 |
| Babawee | (bph-4) | 0.25 e | 65.4 e | 0 | — |
| Thirissa | (bph-4) | 5.00 bc | 124.6 de | 1 | 24.0 |

a, b, c, ect. show ranks differing at 5% level of significance.

DAI : Days after infestation.

表9. 四種褐飛蝨生物小種在含有不同抗蟲因子品種秧苗上之存活率

**Table 9.** Survival rate of nymphs on rice varieties with different resistance genes[1] (May, 1980)

| Varieties | | Survival rate % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1st instar | 2nd instar | 3rd instar | 4th instar | 5th instar | Total |
| | | | | Biotype Ⅰ | | | |
| TN 1 | (S) | 100 | 100 | 97 | 97 | 97 | 97 |
| Mudgo | (*Bph*-1) | 100 | 83 | 53 | 40 | 30 | 30 |
| H 105 | (*bph*-2) | 100 | 100 | 87 | 77 | 73 | 73 |
| Rathuheenati | (*Bph*-3) | 100 | 80 | 57 | 27 | 7 | 7 |
| Babawee | (*bph*-4) | 100 | 93 | 50 | 17 | 0 | 0 |
| | | | | Biotype Ⅱ | | | |
| TN 1 | (S) | 100 | 90 | 87 | 80 | 80 | 80 |
| Mudgo | (*Bph*-1) | 100 | 90 | 87 | 83 | 83 | 83 |
| H 105 | (*bph*-2) | 100 | 87 | 87 | 77 | 70 | 70 |
| Rathuheenati | (*Bph*-3) | 97 | 90 | 60 | 33 | 3 | 3 |
| Babawee | (*bph*-4) | 100 | 97 | 70 | 27 | 3 | 3 |
| | | | | Biotype Ⅲ | | | |
| TN 1 | (S) | 100 | 97 | 97 | 97 | 87 | 87 |
| Mudgo | (*Bph*-1) | 93 | 70 | 43 | 33 | 17 | 17 |
| H 105 | (*bph*-2) | 100 | 100 | 90 | 83 | 83 | 83 |
| Rathuheenati | (*Bph*-3) | 97 | 30 | 17 | 10 | 7 | 7 |
| Babawee | (*bph*-4) | 100 | 43 | 17 | 7 | 0 | 0 |
| | | | | Biotype Ⅳ | | | |
| TN 1 | (S) | 100 | 93 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Mudgo | (*Bph*-1) | 90 | 50 | 40 | 33 | 27 | 27 |
| H 105 | (*bph*-2) | 100 | 93 | 77 | 77 | 73 | 73 |
| Rathuheenati | (*Bph*-3) | 97 | 70 | 50 | 40 | 33 | 33 |
| Babawee | (*bph*-4) | 100 | 73 | 40 | 20 | 10 | 10 |
| LSD | 5% | | | | | | 12 |

1). Thirty newly hatched nymphs each biotype were individually reared on 10-day-old seedlings of each variety grown in glass tubes (2.5×20cm).

a ）生物小種之寄主偏好及選擇危害

當含有不同抗蟲因子之水稻品種及感蟲品種接不同生物小種褐飛蝨危害，則感蟲品種臺中在來1號及臺農67號爲各生物小種所最喜好棲息取食，其所遭受危害程度最爲嚴重（表7）。抗蟲品種間受各種生物小種之喜好及危害程度因生理小種而異，如含抗蟲因子*Bph*-1品種Mudgo及IR26較爲 biotypeⅡ所喜好，因此亦遭受較嚴重之危害，含抗蟲因子*bph*-2品種 H105及ASD 7較爲 biotypesⅡ、Ⅲ及Ⅳ所喜好，受這些生物小種危害亦較嚴重，但含*Bph*-3因子之品種如 Rathu Heenati 及 Muthumanikan等可遭受biotypesⅣ嚴重危害，但在有其他寄主可供選擇情況下，biotypeⅣ喜好含 *Bph*-1及*bph*-2品種更甚於含*Bph*-3之品種。而Babawee則爲上述四種生物小種所最不喜取食者，其受害程度亦最爲輕微。然而由表7可見任一生物小種除對含有某一抗蟲因子之品種特別偏好外，但亦可在其他任一抗蟲品種取食並可造成若干程度之危害，此種現象可能爲表示生物小種內個體間有變異而非屬於同質體。

使用與上一試驗同品種之60日齡稻，測定各生物小種對各類型抗蟲品種之偏好及危害，其結果大致與秧苗期所得結果類似（表8）。雖然 biotype Ⅳ是由含*Bph*-3品種 Rathu Heenati 所汰選出來的生物小種，但在有其他抗蟲品種可供選擇情況下，biotypeⅣ喜歡含 *bph*-2品種甚於含 *Bph*-3因子之抗蟲品種，其在前者之棲息蟲數及所造之危害程度均較後者爲大。

由本項試驗結果可見，含*Bph*-3及 *bph*-4因子品種較其他抗蟲品種爲各生理小種所不喜愛棲息取食，其所受危害亦較輕。相反地，含 *bph*-2之抗蟲品種，除感蟲品種外爲各生物小種所喜愛取食，因此受害亦較其他抗蟲品種爲重。

b ）生物小種在各抗蟲品種上之生存率及棲羣成長

本項試驗結果列如表9，各生物小種第一齡若蟲在各抗蟲品種之存活率並無顯著差異，但隨蟲齡之增長，在含有不同抗蟲因子水稻之存活率的差異逐漸擴大。Rathu Heenati, Babawee 及 Mudgo 品種對biotype Ⅰ及其他不能適應之生物小種所造成之死亡率高於 H 105， 顯示前者三品種較後者具較强之抗生作用。各生物小種若蟲在抗蟲品種之

表10. 四種褐飛蝨生物小種在含有不同抗蟲因子品種40日齡稻上之存活率及棲羣成長

**Table 10.** Population development of biotypes of BPH on rice varieties with different resistance genes (August, 1980)

| Varieties 1) | | Biotype Ⅰ | | Biotype Ⅱ | | Biotype Ⅲ | | Biotype Ⅳ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Survival rate of female 7 DAT | No. insect/ female2) | Survival rate of female 7 DAT | No. insect/ female2) | Survival rate of female 7 DAT | No. insect/ female2) | Survival rate of female 7 DAT | No. insect/ fmale2) |
| TN 1 | (S) | 90 | 241.0 a | 100 | 182.6 a | 90 | 225.0 a | 80 | 202.0 a |
| Mudgo | (*Bph*-1) | 30 | 59.0 bc | 90 | 184.0 a | 40 | 91.0 b | 50 | 31.0 cd |
| H 105 | (*bph*-2) | 40 | 89.0 b | 100 | 103.0 | 100 | 181.0 a | 100 | 117.0 b |
| Rathuheenati | (*Bph*-3) | 20 | 19.0 c | 30 | 7.6 c | 20 | 19.2 c | 60 | 67.6 bc |
| Babawee | (*bph*-4) | 0 | 3.4 d | 30 | 23.2 c | 50 | 8.8 c | 30 | 6.2 d |
| Ptb 33 | ( ? ) | 20 | 9.2 c | 10 | 10.2 c | 40 | 8.6 c | 40 | 2.4 d |

1). Two-pair of newly emerged adults were caged on 40-day-old plants for a period of 30 days.
2). Values show the average for 5 replications.
a, b, ect. show ranks differing at 5% level of significance.

發育期較其在感蟲品種上生長者長達２至10天。一般而言，生物小種在該品種之存活率較低者，若蟲期較長（表９）。

各生物小種在含不同抗蟲因子抗蟲品種40日齡期稻上之棲羣增殖成長與雌成蟲能在該品種之生存日數呈密切關係（表10）。各生物小種成蟲在Babawee及Ptb 33上之生存日數最短，因此在該品種上之棲羣增殖最少。相反地各生物小種在感蟲品種臺中在來１號及其所能適應之品種具最高之繁殖蟲數。

c）生物小種在各抗蟲品種上之無選擇危害

當以各生物小種分別大量接於含不同抗蟲因子品種60日齡盆栽稻上危害，則各抗蟲品種之受害程度與該品種上生物小種褐飛蝨之存活率呈正相關（表11）。Biotype Ⅰ可致使感蟲品種嚴重危害，並可在含*bph*-2品種造成中等程度危害。 BiotypeⅡ則可在感蟲品種及含*Bph*-1品種造成嚴重危害，並可在含 *bph*-2品種造成中等程度危害，而 biotype Ⅲ則只能在感蟲品種及含*bph*-2品種造成嚴重危害，biotypeⅣ 能在感蟲品種造成嚴重危害外，亦能在含*bph*-2及*Bph*-3品種造成中等程度危害。Babawee與 Thirissa兩品種雖均含 *bph*-4 抗蟲因子，但各生物小種在前者所造成之危害顯較後者為輕，顯示除主效因子外， babawee 可能尚含有微效因子。

d）生物小種在各抗蟲品種上之取食行為

**表11**．四種褐飛蝨生物小種在含有不同抗蟲因子品種60日齡稻上之無選擇危害比較

**Table** 11. Damage with 300 2nd-to 3rd-instar nymphs of BPH biotypes on 60-day-old plants harving different resistance genes (April, 1981)

| Varietes | Biotype Ⅰ | | Biotype Ⅱ | | Biotype Ⅲ | | Biotype Ⅲ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | insect/hill 15 DAI[1] | Grade of damage[2] | insect/hill 15 DAI[1] | Grade of damage[2] | insect/hill 15 DAI[1] | Grade of damage[2] | insect/hill 15 DAI[1] | Grade of damage[2] |
| TN 1 | 240.0 a | 9 | 225.0 a | 9 | 170.0 a | 9 | 217.5 a | 9 |
| Tainon 67 | 220.0 ab | 9 | 177.5 bcd | 9 | 125.0 b | 9 | 175.0 b | 9 |
| Mudgo | 60.0 f | 1 | 205.0 ab | 9 | 75.0 c | 1 | 72.5 ef | 1 |
| I R 26 | 125.0 e | 2 | 185.0 abc | 9 | 77.5 c | 1 | 72.5 ef | 1 |
| H 106 | 132.5 de | 4 | 155.0 cd | 4 | 147.5 ab | 9 | 112.5 cde | 4 |
| A S D 7 | 185.0 bc | 5 | 192.5 abc | 7 | 160.0 ab | 9 | 147.5 bc | 5 |
| Rathuheenati | 20.0 f | 0 | 68.8 e | 1 | 13.5 d | 0 | 132.5 cd | 4 |
| Muthumanikan | 47.5 f | 1 | 47.5 e | 1 | 23.0 d | 0 | 80.0 e | 3 |
| Babawee | 45.0 f | 0 | 56.3 e | 1 | 15.0 d | 0 | 36.3 f | 0 |
| Thirissa | 170.0 cd | 3 | 140.0 d | 3 | 87.5 c | 2 | 100.0 de | 2 |

1). Number of BPH recorded at 15 days after infestation.

2). Grade of damage : O : No visible damage, 9 : Plants killed completely.

a, b, ect. show ranks differing at 5% level of significance.

不同生物小種褐飛蝨在含不同抗蟲因子水稻品種之取食行為可由其在品種之取食頻度，取食部位及取食量加以觀察。將任一生物小種褐飛蝨罩於其不適品種稻株取食，則顯示不安並頻於變更其取食部位，因此不管任何生物小種在抗性品種所遺留之取食痕均顯著地多於非抗性品種，越適合其生存及繁殖之品種則食痕數越少（表12）。由本項結果表示，當褐飛蝨在不適其取食之品種上取食，它一再嚐試，變更取食部位；若適合它取食，即停留下來繼續取食。

為瞭解褐飛蝨各生物小種在不適於它取食品種上頻於更換取食位置是否因植物組織機械障礙所致，因此以石臘切片檢視褐飛蝨在該等品種取食所遺留之口針鞘是否可到達其適當取食部位。結果示如表13。一般而言，若以一分支口針鞘之端點為根據，任一生物小種在感蟲品種上取食其口針鞘尖端終止於篩管者顯較在抗蟲品種上者為多。在各種抗蟲品種中，除在ASD 7取食各生物小種口針鞘終止於篩管較多外，其他在 Mudgo, Rathu Heenati，及 Babawee 上取食者口針鞘終止於篩管者均顯著減少，終止於柔軟細胞組織者相對地增多。然而若以一次取食痕其中有一分支口針鞘成功地達於維管束內即算其取食成功，則將 biotype I 在 Rathu-Heenati 上為47.8%外，其他各生物小種在各品種上之取食成功率均在50%以上，因此認為抗蟲品種組織並無機械障礙其取食。另一方面由各生物小種在各抗蟲品種取食口針鞘之分支數，顯示各生物小種在抗蟲品種上取食，其口針分支率以及分支數一般均較在感蟲品種上取食者為多。此種現象可能表示在口針穿入植物組織內，由於植物含有某種化學物質使口針無法直接導向維管束，而必需一再嚐試，或因維管束（尤其篩管）所含物質不為褐飛蝨所喜好，致使口針再行往其他方面重行嚐試。

進一步觀察各生物小種在各含不同抗蟲因子水稻取食之蜜露排泄量顯示由抗蟲品種取食之排泄量顯然較由感蟲品種上取食者為少（表14）。但比較由抗蟲品種取食與由濕濾紙上取食之蜜露排泄量，則顯示褐飛蝨均可由抗蟲品種獲得食物，只是其取食量較少而已。

綜觀上述結果，各生物小種在抗蟲品種頻於變

**表12.** 五種褐飛蝨生物小種在含有不同抗蟲因子品種稻上取食所留食痕數之差異

**Table 12.** Feeding punctures made by biotypes of BPH on rice varieties with different resistance genes at 30°C (March, 1981)

| Varieties[1)] | | Punctures/female/24 hrs | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Biotypes | | | | |
| | | I | II | III | IV | V |
| Taichung N 1 | (S) | 28.7 b | 30.2 c | 26.6 b | 27.4 b | 25.1 b |
| Mudgo | (*Bph*-1) | 53.7 a | 32.2 bc | 67.9 a | 56.0 a | 54.6 a |
| A S D 7 | (*bhp*-2) | 32.6 b | 34.6 bc | 28.3 b | 31.1 b | 29.0 b |
| Rathuheenati | (*Bph*-3) | 56.2 a | 65.3 a | 71.2 a | 43.2 ab | 56.5 a |
| Babawee | (*bph*-4) | 51.2 a | 48.4 ab | 53.2 a | 58.8 a | 38.5 ab |

1). 15-day old seedlings.

a, b, ect. show ranks differing at 5% level of significance.

表13. 五種褐飛蝨生物小種在抗蟲及感蟲品種水稻上之取食部位

**Table 13.** Feeding sites observed in biotypes of BPH on resistant and susceptible varieties (March 1981)

| Biotypes | Rice varieties | No. stylet sheaths obs. | No. branches/sheath | Branched sheath (%) | Place of termination: Based on each branch ending in (%) | | | | Place of termination: In vasuclar bundar[1] (%) | Length of each branch (μ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Phloem | Xylem | Parenchyma | Motor cell | | |
| I | TN 1 (S) | 21 | 1.31 a | 21.3 a | 59.4 b | 21.3 | 11.6 | 7.7 | 95.4 c | 7.32 |
| | Mudgo (R) | 38 | 2.21 c | 57.9 b | 23.8 a | 42.9 | 21.4 | 11.9 | 75.7 b | 6.86 |
| | ASD 7 (MR) | 36 | 1.44 a | 22.2 a | 46.2 b | 3.8 | 42.3 | 7.7 | 83.3 bc | 9.19 |
| | Rathuheenate (R) | 23 | 1.84 b | 56.5 b | 19.0 a | 7.2 | 42.9 | 30.9 | 47.8 a | 8.61 |
| | Babawee (R) | 24 | 2.3c | 79.2 c | 12.5 a | 32.1 | 42.9 | 12.5 | 79.2 b | 7.66 |
| II | TN 1 (S) | 21 | 1.24 a | 23.4 a | 53.6 c | 18.5 | 8.7 | 19.2 | 83.4 c | 7.54 |
| | Mudgo (S) | 30 | 1.57 a | 26.6 a | 36.4 b | 4.3 | 38.2 | 21.1 | 53.3 a | 7.87 |
| | ASD 7 (MS) | 34 | 1.44 a | 32.4 ab | 40.2 bc | 6.1 | 38.7 | 24.9 | 56.3 a | 7.55 |
| | Rathuheenate (R) | 34 | 3.85 c | 85.3 d | 16.1 a | 19.8 | 40.4 | 23.7 | 67.6 ab | 10.75 |
| | Babawee (R) | 37 | 1.97 b | 52.6 c | 20.0 a | 14.7 | 34.7 | 30.6 | 70.2 abc | 8.52 |
| III | TN 1 (S) | 17 | 1.43 a | 19.4 a | 49.3 b | 15.2 | 14.6 | 20.9 | 82.8 b | 7.33 |
| | Mudgo (R) | 26 | 1.85 b | 61.5 c | 37.5 b | 12.5 | 37.5 | 12.5 | 10,0 c | 7.48 |
| | ASD 7 (S) | 24 | 1.67 a | 33.3 b | 50.0 b | 15.0 | 30.0 | 5.0 | 83.3 b | 7.90 |
| | Rathuheenate (R) | 38 | 2.63 c | 57.9 c | 21.4 a | 20.0 | 38.6 | 20.0 | 57.9 a | 8.86 |
| | Babawee (R) | 20 | 1.50 a | 40.0 b | 10.0 a | 40.0 | 50.0 | 0 | 90.0 bc | 8.87 |
| IV | TN 1 (S) | 24 | 1.25 a | 23.2 a | 62.1 c | 11.4 | 20.2 | 6.3 | 92.6 c | 7.12 |
| | Mudgo (R) | 34 | 1.76 ab | 52.9 b | 26.6 a | 11.7 | 45.0 | 16.7 | 73.5 b | 7.69 |
| | ASD 7 (MR) | 34 | 1.53 a | 29.4 a | 44.2 b | 23.1 | 25.0 | 7.7 | 91.2 c | 8.67 |
| | Rathuheenate (MS) | 46 | 2.39 c | 58.7 b | 21.8 b | 12.8 | 40.9 | 24.5 | 69.6 b | 8.90 |
| | Babawee (R) | 32 | 2.38 c | 81.3 c | 13.1 a | 13.1 | 26.4 | 47.4 | 50.0 a | 8.29 |
| V | TN 1 (S) | 21 | 1.21 a | 20.4 a | 63.4 b | 10.5 | 16.3 | 9.8 | 94.2 c | 7.31 |
| | Mudgo (R) | 32 | 1.59 b | 37.5 b | 19.7 a | 17.6 | 33.3 | 29.4 | 53.1 a | 7.52 |
| | ASD 7 (MR) | 29 | 1.24 a | 24.1 a | 66.7 b | 16.7 | 11.1 | 5.6 | 96.6 c | 9.25 |
| | Rathuheenate (R) | 32 | 2.88 c | 75.0 c | 20.7 a | 13.0 | 30.4 | 35.9 | 56.3 a | 8.88 |
| | Babawee (MS) | 24 | 2.63 c | 79.2 c | 29.0 a | 15.9 | 39.2 | 15.9 | 70.8 b | 10.30 |

1). Base on at least on branch of the stylet sheath entering the vascular bundles.

更取食部位，每次取食，其口針作較多之分支，而取食量則較在感蟲品種上者爲少。此種現象並非因機械障礙之故，而可能因各抗蟲品種所含有之特殊化學物質或同化學物質之不同濃度，不適於褐飛蝨取食之故。不同生物小種可能具不同味覺刺激感受，故能適應於特殊之抗蟲品種而不能適應於另外含有不同抗蟲因子之品種，此點有待進一步探討。

e ) 生物小種危害不同抗蟲品種能力之遺傳行爲

本項試驗結果列如表15，由 biotypes Ⅰ×Ⅱ, biotypes Ⅱ×Ⅲ 互交 $F_1$在 Mudgo 之存活率及 biotypes Ⅰ×Ⅲ互交之$F_1$在 H105 之存活率，很清楚可看出biotypes Ⅰ及Ⅲ不能在Mudgo品種生存，對biotype Ⅱ是顯性作用；而biotype Ⅰ不能在H105品種生存對 biotype Ⅲ 亦爲顯性作用。由互交結果並未發現有任何伴性遺傳現象。進一步測其$F_2$及$BC_1$, $BC_2$ ，並不符合孟德爾之簡單分離比，顯示並非單純地由單因子所控制，而擬與由數量因子所

表14. 四種褐飛蝨生物小種在含有不同抗蟲因子品種稻上取食之蜜露排泄量

**Table 14.** Honeydew excretion of female adult of different biotypes of BPH on rice varieties with different resistance genes (May, 1981)

| Varieties | Area of honeydew on filter paper ($mm^2$) 1) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Biotype Ⅰ | Biotype Ⅱ | Biotype Ⅲ | Biotype Ⅳ |
| TN 1 (S) | 248.5 a | 222.5 a | 223.8 a | 219.0 a |
| Mudgo (Bph-1) | 96.3 bc | 180.8 ab | 94.0 b | 116.3 bc |
| H 105 (bph-2) | 143.3 b | 168.8 ab | 221.8 a | 193.8 b |
| Rathuheenati (Bph-3) | 73.5 bc | 89.0 bc | 105.8 b | 126.0 bc |
| Babawee (bph-4) | 115.3 b | 104.5 b | 86.8 bc | 83.0 c |
| Wet filter paper | 4.5 c | 0.8 c | 0.8 c | 1.3 d |

1). Excreted by 5 female-adults for 24 hrs, 6 replications for each treatment.
a, b, ect. show ranks differing at 5% level of significance.

表15. 三種褐飛蝨生物小種互交之後代飼養於抗蟲品種Mudge (biotypes I×II及II×III) 及H 105 (biotypes I×III) 之存活率

**Table 15.** Mean survival rate of BPH progenies from reciprocal crosses between biotypes, I, II and III, reared on Mudgo (I×II and II×III) or H 105 (I ×III)

| Crosses between : | Generation | No. of replicates | % survival, mean | Standard error |
|---|---|---|---|---|
| Ⅰ and Ⅱ | $P_1$ | 10 | 14.0 | 5.39 |
| | $P_2$ | 10 | 89.0 | 2.83 |
| | $F_1$ | 20 | 18.0 | 3.87 |
| | $F_2$ | 40 | 41.3 | 4.12 |
| | $BC_1$ | 40 | 22.8 | 3.61 |
| | $BC_2$ | 40 | 43.0 | 4.00 |
| Ⅱ and Ⅲ | $P_1$ | 10 | 82.0 | 3.32 |
| | $P_2$ | 10 | 27.0 | 5.74 |
| | $F_1$ | 20 | 23.0 | 3.87 |
| | $F_2$ | 40 | 65.3 | 3.74 |
| | $BC_1$ | 40 | 47.8 | 3.61 |
| | $BC_2$ | 40 | 52.5 | 4.12 |
| Ⅰ and Ⅲ | $P_1$ | 10 | 42.0 | 2.83 |
| | $P_2$ | 10 | 95.0 | 2.24 |
| | $F_1$ | 20 | 60.5 | 3.00 |
| | $F_2$ | 40 | 59.0 | 1.00 |
| | $BC_1$ | 40 | 52.0 | 1.73 |
| | $BC_2$ | 40 | 58.8 | 2.00 |

Data from reciprocal crosses were pooled since they differed only slightly. Each replication consisted of 10 nymphs of the first instar, reared on two 10-day-old seedlings in a test-tube.

表16. 用Hayman and Mather (1955) 方程估算三種生物小種互交後代在抗蟲品種存活率之因子效應

**Table 16.** Estimation of gene effects on percent survival of BPH progenies, in reciprocal crosses between biotypes I, II and III, by Hayman and Mather (1955) equations

| Cross | m | a | d | aa | ad | dd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ⅰ×Ⅱ and Ⅱ×Ⅰ (on Mudgo) | 4.13**±0.41 | 2.01**±0.54 | −6.66**±2.03 | −3.31±1.97 | 1.75**±0.62 | 4.02**±2.89 |
| Ⅱ×Ⅲ and Ⅲ×Ⅱ (on Mudgo) | 6.33**±0.37 | 0.48 ±0.53 | −9.20**±1.92 | −6.05**±1.86 | −3.23**±0.64 | 1.50±2.84 |
| Ⅰ×Ⅲ and Ⅲ×Ⅰ (on H105) | 5.90**±0.11 | 0.68 ±0.26 | −2.24**±0.78 | −1.44*±0.69 | 1.97**±0.32 | 5.08**±1.33 |

m : $F_2$ mean, a : additive gene effect, d : dominance effects, aa : interaction between additive effects, ad : interaction between additive and dominance effects, dd : interaction between dominance effects.
*, ** : Significant at 5% and 1% levels, respectively.

支配者較爲相近。

依據數量遺傳因子分析 (Mather and Jinks, 1971), biotypesⅠ×Ⅱ之父母生物小種之存活率中值爲 $(P_1+P_2)/2=51.5$，而da爲 33.5，ha/da爲37.5，ha/da爲0.89，表示biotypeⅠ對 biotype Ⅱ爲部分顯性。於 biotypeⅡ×Ⅲ組合，以同樣計算方法得ha/da爲1.29表示biotypeⅢ對biotypeⅡ爲超顯性；而 biotypeⅠ×Ⅲ ha/da 爲 0.42，表示 biotypeⅠ對 biotype Ⅲ爲部分顯性。

進一步以 Hayman and Mather (1955) 公式分析各雜交組合之各世代之平均存活率表示所獲變方適於 6 介量因子效應 (表16) ，其結果顯示支配生物小種不能在抗蟲品種生存之因素，在三雜交組合均以顯性因子最爲重要，此外生物小種在抗蟲品種之存活率在 biotypeⅠ×Ⅱ組合亦受累加性，累加性×顯性之交感及顯性×顯性之交感等效應所支配，在Ⅲ×Ⅱ組合則受累加性×顯性之交感效應所控制， biotypeⅠ×Ⅲ受顯性×顯性，累加性×顯性及累加性×累加性等交感效應所支配。另一方面三個雜交組合之顯性因子效應與顯性×顯性因子之交感效應的符號均相異，顯示上位作用是屬於重複因子型。

因Mudgo 及 H 105秧苗受上述三組生物小種互交後代褐飛蝨之爲害程度列如表17，顯示受害程度與該組合後代若蟲在判別品種之生存率呈正相關；存活率越高，秧苗受害程度呈越嚴重。然而此項結果可能因受秧苗能容忍若干褐飛蝨的危害，因此所獲結果並不能用以進一步的來分析生物小種雜交後代之分離比。

f ) 輪植及混植含有不同抗蟲因子品種對新生物小種演化之抑制應用。

由上述試驗顯示田間褐飛蝨棲羣可能爲異質體型態，且具有多變之危害含有不同抗蟲因子稻種的能力。因此當將田間採集之褐飛蝨連續飼養於一種抗蟲品種，則經 6 世代後，該褐飛蝨蟲羣在該特定抗定抗蟲品種的存活率約與其在感蟲品種之存活率相等，顯示若連續隔離褐飛蝨於一種抗蟲品種生存繁殖，則該抗蟲品種於短期內即可能爲褐飛蝨新生物小種所適應 (表18) 。然而若褐飛蝨輪流飼養於含有不同抗蟲因子之稻種，Mudgo, H 105及TN 1，每品種飼養 4 世代 (相當於本省一期稻作褐飛蝨所能繁殖世代數) ，則在一般情況下，當褐飛蝨飼

表17．三種褐飛蝨生物小種互交後代在抗蟲品種 Mudgo 及 H 105之危害

**Table** 17. Damage on the seedlings of Mudgo and H 105 caused by the BPH progenies of reciprocal crosses between biotypes I, II and III (CAES. 1980)

| Cross between : | Population | No. seedlings tested[1)] | Seedlings killed | | Damage grading[2)] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | number | % killed | |
| Ⅱ×Ⅲ (on Mudgo) | $P_1$ | 10 | 10 | 100.0 | 9 |
| | $P_2$ | 10 | 0 | 0 | 1.5 |
| | $F_1$ | 20 | 3 | 15.0 | 2.0 |
| | $F_2$ | 40 | 15 | 37.5 | 4.5 |
| | $BC_1$ | 40 | 5 | 12.5 | 5.0 |
| | $BC_2$ | 40 | 0 | 0 | 3.0 |
| Ⅰ×Ⅱ (on Mudgo) | $P_1$ | 10 | 0 | 0 | 0 |
| | $P_2$ | 10 | 10 | 100.0 | 9 |
| | $F_1$ | 20 | 0 | 0 | 1.0 |
| | $F_2$ | 40 | 14 | 35.0 | 2.5 |
| | $BC_1$ | 40 | 5 | 12.5 | 1.5 |
| | $BC_2$ | 40 | 21 | 52.5 | 3.0 |
| Ⅰ×Ⅲ (on H 105) | $P_1$ | 10 | 3 | 30.0 | 5.0 |
| | $P_2$ | 10 | 10 | 100.0 | 9.0 |
| | $F_1$ | 20 | 10 | 50.0 | 6.0 |
| | $F_2$ | 40 | 27 | 67.5 | 6.5 |
| | $BC_1$ | 40 | 12 | 30.0 | 5.5 |
| | $BC_2$ | 40 | 27 | 67.5 | 7.0 |

1). Each 15-day-ole seedling infested with second-instar nymphs.

2). Damage grading : O : no visible damage, 9 : total seedlings killed.

養於一抗蟲品種之第一、二世代生存率很低，但於第三、四世代，其生存率呈逐漸增加，然而當把它更換飼育於另一含有不同抗蟲因子之品種，其在試品種之存活率又顯著地下降（表17）。

另一方面，將田間採集之褐飛蝨飼養於混植有含不同抗蟲因子之稻種 TN 1, Mudgo及H 105時，則該蟲羣之若蟲在 Mudgo 及H 105 之存活率隨世代而變異，但並不隨飼養世代之增進而增加。

由上述結果表示，田間褐飛蝨棲羣若將之連續飼養於單一抗蟲品種 6 世代，即可能形成新生物小種而能危害原來之抗蟲品種。然而輪植或混植抗蟲品種，則褐飛蝨在某一特殊抗蟲品種的存活率將顯

表18. 田間採集之褐飛蝨連續飼養於單一抗蟲品種，輪流飼養於含有不同抗蟲因子品種，或飼養於混植含有不同抗蟲因子品種之後代在抗蟲及感蟲品種之存活率

**Table 18.** Survival of BPHs when they were reared on a resistant variety continously, on varieties with different resistance genes rotatively, or on a mixture of resistant and susceptible varieties (July, 1980)

| Treatments | Grenerations | Survival rate on (%) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | TN 1 | Mudgo | H 105 |
| On TN 1[1) for 12G. | 2 | 80.0 | 6.7 | 35.6 |
| | 4 | 80.0 | 4.4 | 40.0 |
| | 6 | 86.7 | 13.3 | 62.2 |
| | 8 | 80.0 | 11.1 | 55.6 |
| | 10 | 82.2 | 6.7 | 62.0 |
| | 12 | 86.7 | 11.1 | 53.3 |
| On Mudgo[1) for 12 G. | 2 | 76.5 | 36.7 | 33.3 |
| | 4 | 82.2 | 55.6 | 26.7 |
| | 6 | 86.7 | 88.9 | 60.0 |
| | 8 | 82.2 | 84.4 | 55.6 |
| | 10 | 88.9 | 82.2 | 35.6 |
| | 12 | 77.8 | 80.0 | 28.9 |
| On H 105[1) for 12G. | 2 | 77.8 | 20.0 | 35.6 |
| | 4 | 75.6 | 15.6 | 51.1 |
| | 6 | 75.5 | 0 | 71.1 |
| | 8 | 84.4 | 6.7 | 82.2 |
| | 10 | 91.1 | 0 | 84.4 |
| | 12 | 80.0 | 2.2 | 71.1 |
| On TN 1, Mudgo and H 105, each for 4G.[2) | 6 | 84.4 | 42.2 | 49.9 |
| | 8 | 86.7 | 66.7 | 57.8 |
| | 10 | 82.2 | 13.3 | 64.4 |
| | 12 | 86.7 | 24.4 | 73.3 |
| On TN 1, H 105 and Madgo, each for 4G.[2) | 6 | 82.2 | 4.4 | 44.4 |
| | 8 | 84.4 | 11.1 | 64.4 |
| | 10 | 77.8 | 55.6 | 29.9 |
| | 12 | 88.9 | 68.9 | 35.6 |
| On Mudgo, TN 1 and H 105, each for 4G.[2) | 6 | 84.4 | 22.2 | 42.2 |
| | 8 | 80.0 | 33.3 | 37.8 |
| | 10 | 82.2 | 11.1 | 47.8 |
| | 12 | 84.4 | 26.7 | 70.0 |
| On Mudgo, H 105 and TN 1, each for 4G.[2) | 6 | 77.8 | 15.4 | 61.1 |
| | 8 | 80.0 | 24.4 | 74.4 |
| | 10 | 75.6 | 15.6 | 66.7 |
| | 12 | 75.6 | 24.4 | 31.1 |
| On H 105, Mudgo and TN 1, each for 4G.[2) | 6 | 80.0 | 8.9 | 73.3 |
| | 8 | 91.1 | 63.9 | 51.1 |
| | 10 | 84.4 | 6.7 | 48.9 |
| | 12 | 88.9 | 20.0 | 33.3 |

**Table 18.** Survival of BPHs when they were reared on a resistant variety continously, on varieties with different resistance genes rotatively, or on a mixture of resistant and susceptible varieties (July, 1980)

| Treatments | Grenerations | Survival rate on (%) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Taichung(N)1 | Mudgo | H105 |
| On H 105, TN 1 and Mudgo each for 4G.[2)] | 6 | 95.5 | 0 | 57.8 |
| | 8 | 82.2 | 4.4 | 75.6 |
| | 10 | 82.2 | 40.0 | 51.1 |
| | 12 | 91.1 | 68.9 | 28.9 |
| On mixture of TN 1, H 105 and Mudgo | 2 | 88.9 | 22.2 | 55.6 |
| | 4 | 82.2 | 42.2 | 35.5 |
| | 6 | 86.7 | 44.4 | 55.6 |
| | 8 | 97.8 | 32.2 | 42.2 |
| | 10 | 84.4 | 24.4 | 60.0 |
| | 16 | 91.1 | 20.0 | 44.4 |

1). Field collected brown planthoppers were continously reared on a plant of fixed variety for 12 generations.

2). The insects were reared on each variety for 4 generations according to the order.

3). The insects were reared on a mixed varieties having different resistant genes.

著地較連續飼養於單一特殊抗蟲品種者爲低，顯示輪植或混植不同抗蟲品種可減緩或抑制新生物小種之演化。

**5.本省新育成抗褐飛蝨品種（系）對褐飛蝨之防治效果**

本項試驗於民國69年二期作在嘉義縣民雄鄉擧行。因試驗田延遲於8月2日始插秧，於水稻生育中，後期褐飛蝨及縱捲葉蟲發生甚爲嚴重。在無藥劑處理區，於水稻移植後60至80天，褐飛蝨在感蟲品種臺農68號及臺中在來1號每叢稻之密度分別達200及1,000餘隻，終於水稻黃熟期前全部慘遭蝨燒危害。相反地，褐飛蝨在抗蟲品種之棲羣密度最高時每叢平均由36.1至96.5隻，因此抗蟲品種僅遭受輕微至中等危害（表19）。

在藥劑保護區，褐飛蝨棲羣密度於抗蟲品種亦明顯地較於感蟲品種者爲低，這種現象顯示綜合抗蟲品種與殺蟲藥劑防治褐飛蝨之效果較單賴殺蟲藥劑防治者爲佳。

比較藥劑保護區及無藥劑處理區抗蟲及感蟲品種之產量，兩者差異極爲顯著。在感蟲品種，稻穀因褐飛蝨及縱捲葉蟲危害損失，臺中在來1號爲99%，臺農67號爲33.2%，但在抗蟲品種（系）之損失率爲7.8至 16.2%。由於在無藥劑處理區縱捲葉蟲危害率品種間並無明顯差異，因此抗蟲與感蟲品種稻穀損失之差異，主要係因褐飛蝨所引起（表19）。

另一方面由圖1可見捕食性天敵，狼蜘（*Lycosa pseudoannulala*）在抗蟲品種嘉農秈11號及感蟲品種臺中在來1號並無顯著差異，而另一捕食性天敵盲蝽象（*Cyrtorhinus lividipennis*）雖然其數目在抗蟲品種較在感蟲品種者爲低，但若以盲蝽象與褐飛蝨之比例來考慮，則在抗蟲品種上者反較在感蟲品種上者爲高。此項結果表示栽植抗蟲品種並不阻礙天敵的活動，兩者可並用於害蟲防治體系。

## 討　論

本省從事水稻對褐飛蝨抵抗性研究始於民國59年，初期工作重點在於抗蟲種源之引入，檢定以及與育種人員合作水稻抗蟲育種及雜交後代抗蟲性之檢定，經多年來之研究已有抗蟲種源100餘種（Cheng and Chang, 1979），並育成抗褐飛蝨秈稻

表19. 於褐飛蝨大發生情況下，本省新育成抗褐飛蝨品種（系）在藥劑保護及自然危害區之表現

**Table 19.** Population density and damage by BPH on the yield of resistant (R) and susceptible (S) varieties, with and without insecticide protection during a severs brown planthopper outbreak[1] (2nd crop, 1980)

| Varieties | No. BHP/hill at indicated days after transplanting | | | | Degree of damage by BPH 2) | % Leaf damage by LF 3) | Yield kg/ha | Yield loss (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 46 | 62 | 74 | 90 | | | | |
| Tainon Shen 12 (R) | 5.6 | 53.4 | 45.5 | 28.9 | 2 | 23.2 | 5,280 | 9.5 |
| | (0.9) | (5.2) | (11.5) | (8.7) | (1) | (3.1) | (5,834) | |
| Chianon Shen 11 (R) | 7.4 | 64.2 | 40.6 | 34.4 | 4 | 21.5 | 4,668 | 15.8 |
| | (0.8) | (6.4) | (10.5) | (9.3) | (1) | (2.6) | (5,547) | |
| Taichung Shen 10 (MR) | 9.2 | 96.5 | 74.4 | 38.1 | 5 | 22.3 | 4,715 | 16.2 |
| | (0.4) | (6.7) | (9.2) | (7.3) | (1) | (1.7) | (5,624) | |
| TN 1 (S) | 23.2 | 1,020.5 | 1,352.4# | ## | 9 | 27.5 | 52 | 99.0 |
| | (2.4) | (24.2) | (36.8) | (19.6) | (3) | (2.4) | (5,124) | |
| Tainon 68 (MR) | 4.3 | 36.1 | 31.9 | 19.7 | 2 | 17.4 | 4,750 | 7.8 |
| | (0.3) | (5.2) | (8.4) | (7.3) | (1) | (1.6) | (5,150) | |
| Chianon Yu 249 (MR) | 5.9 | 66.8 | 58.5 | 36.1 | 4 | 20.6 | 4,370 | 11.4 |
| | (0.4) | (6.9) | (12.1) | (10.3) | (1) | (1.3) | (4,932) | |
| Tainon 67 (S) | 12.7 | 224.5 | 285.4 | 153.1# | 7 | 20.3 | 3,677 | 33.2 |
| | (1.1) | (15.6) | (18.2) | (13.3) | (2) | (1.7) | (5,504) | |

1). At chemical protection subunit. 3% Carbofuran G. were applied at a rate of 1.2Kg ai/ha at 30, 50 and 70 days after transplanting. Figures outside parathesis show the number of insects per hill in unprotected subunit and figures inside parenthesis indicate the number of insects in chemical protection subunit.

2). Degree of damage : 1 : slightly damaged, 9 : completely hopperburned.

3). LF : leaf folder

# : Severely damaged. ## : Completely hopperburned.

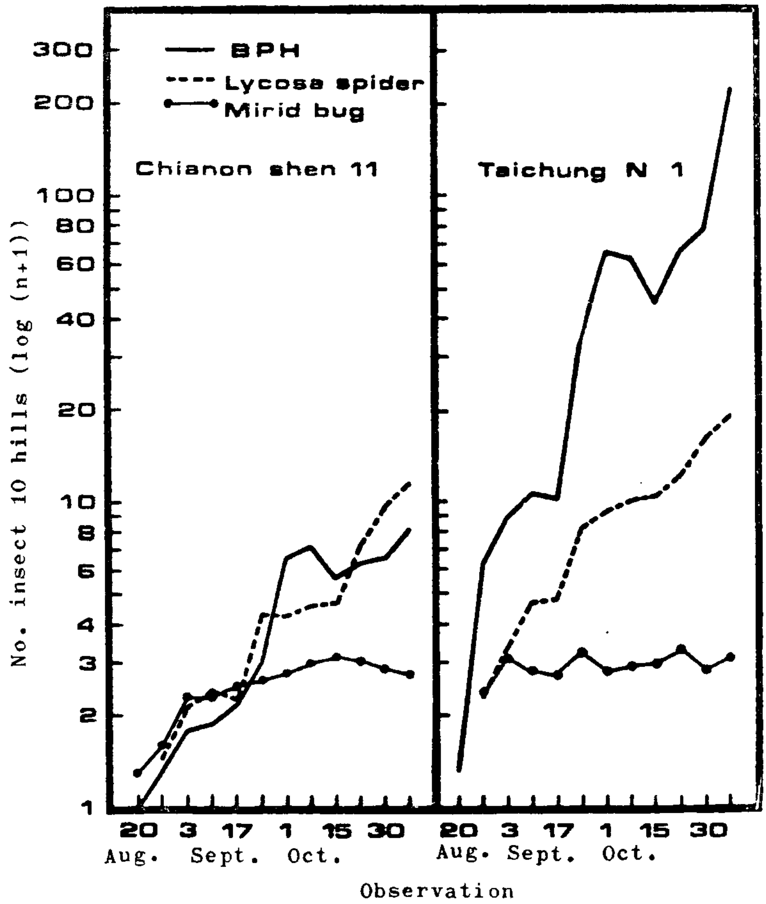



**Fig. 1.** Seasonal population changes in BPH and their natural enemies, *L. pseudonnulata* and *C. lividipennis* on resistant (Chianon she' 11) and susceptible (Taichung N 1) varieties.

圖一、褐飛蝨及其天敵在抗蟲及感蟲品種之棲羣密度比較

品種5種，稉稻1種推廣農民栽植，而尚在選拔觀察之品系具抗褐飛蝨性狀者亦在逐年增加中（表5），可見此項工作已漸受育種工作人員所重視。

水稻抗褐飛蝨品種大部為原栽培於南印度及錫蘭之品種，而本省栽培及保持之稻種均屬感蟲品種（Cheng and Chang, 1979）。因此本省抗蟲種源均賴由國外引入，過去經引入檢定為抗褐飛蝨品種（系）雖然很多，惜這些品種大部屬於感光性且未經改良之秈稻，用作育種材料諸多不便。經改良，無感光性之半矮型稻種，雖較易於應用作為育種材料，但其抗蟲因子多屬*Bph*-1或*bph*-2者。從過去在菲律賓及印尼等地大面積栽植同一抗蟲品種如IR 26，經2—3年後即導致新生物小種褐飛蝨之產生，而使原抗蟲稻種的IR 26變成感蟲品種的經驗（Varca and Feuer, 1976；Mochida, *et al.*, 1977），提醒我們應早日搜集不同抗蟲因子之種源，以便育成多元化的抗蟲品種，或將多種抗蟲因子合併於一抗蟲品種，以延長抗蟲品種之栽植壽命。

本試驗期中所引入之抗蟲種源大部屬於含*Bph*-3及*bph*-4或含兩個未經鑑定抗蟲因子，如Ptb 33之後代，或屬於*Bph*-1與*Bph*-3或*bph*-4結合之品系（表1）。經室內及田間檢定篩選擇其抗蟲且農藝性狀較優者，提供本省今後育種材料，這對於

促進多元化抗褐飛蝨品種之育成具有助益。植物抗蟲性受一對因子所支配（或稱直立式抵抗性，vertical resistance）者一般相信較易導引有害生物小種之產生，抗蟲性較不穩定，如已發現有生物小種問題之褐飛蝨、麥癭蠅、苜蓿蚜、豌豆蚜、玉米蚜、黍蚜及稻癭蠅等，其寄主之抗蟲性均受單因子所支配。另一方面，抗蟲性受數量因子所支配者（或稱橫式抵抗性，horizontal resistance）如玉米抗玉米螟、玉米穗蟲、行軍蟲等，則尚未有發現生物小種問題，因此被認爲抗蟲性較爲穩定（Gallun and Khush, 1980；Pathak, 1970）。然而事實上由單因子所支配之抗蟲性如棉花抗棉花葉蟬（*Empoasca* spp.）至今已達50餘年尚無生物小種產生之報導（Painter, 1951），此外若干稻種如Peta、Mas、Bengawan及Intan（均爲Latisail的後代）曾在菲律賓及印尼大面積栽培長達30年以上，但到目前對臺灣黑尾蟬（*Nephotettix virescens*）仍呈抗性，而這些品種抗臺灣黑尾葉蟬亦受一對因子所支配（Khush and Beachell, 1972），因此抗蟲性受單因子或多因子所支配，孰者較爲穩定可能與害蟲的習性以及抗蟲機制有關。水稻抗黑尾葉蟬機制迄目前尚未臻瞭解（Cheng and Pathak, 1972），但棉花抗棉花葉蟬與抗蟲品種長有長而密的毛有關（Painter, 1951）。或許可能作物抗蟲機制與其形態特性，因物理性質作用爲主要抗蟲機制者，較不易導引生物小種之產生？有待更多試驗或報告給予證明。

然而無論如何作物抗蟲性受單因子所支配者，較易結合於所希望之稻種，爲育種工作者所樂用；而受多因子所支配者，則因抗性及遺傳性較弱，不易累積結合於所希望之稻種。所以如何檢定發現更多之不同抗蟲因子，及結合不同型之單因子，或單因子與多因子於一品種，或藉抗蟲品種之栽植管理等以達穩定抗蟲性，成爲今後水稻抗褐飛蝨研究努力之重要課題。

有關田間抗蟲型稻或稱橫式抵抗性稻種之檢定技術，目前尚在探討中（Chelliah *et al.*, 1981）。本試驗發現以盤栽30日齡稻，每4株接一雌成蟲密度檢定，於次代若蟲爲害，即可將其與感蟲品種加以區分（表3）。由於田間抗蟲型稻種對褐飛蝨之存活率及棲羣成長並無顯著作用，而田間棲羣及被害程度却略較感蟲品種爲低，顯示其抗蟲機制主要爲該等品種對褐飛蝨危害之容忍作用及若干程度之非偏好作用所致（表4）。Ho *et al.* (1982) 亦報告田間抗蟲稻之抗蟲現象主要爲該品種對褐飛蝨之容忍作用，而其抗生或非偏好作用很低。因此栽培田間抗蟲型品種勢必無法有效地抑制褐飛蝨棲羣之快速成長。但結合單主效抗蟲品種與田間抗蟲型品種必能進一步的減輕抗蟲品種遭受褐飛蝨之危害損失。

即然單獨使用田間抗蟲型稻無法有效地抑制褐飛蝨棲羣之快速成長，而栽培含單主效因子品種勢將引起生物小種問題，因此對於褐飛蝨生物小種與抗蟲品種之相互用需要進一步加以探討。

褐飛蝨生物小種的培育，可藉連續飼養田間採得之褐飛蝨於同一抗蟲品種而獲得，以不同抗蟲因子的稻種來培育，將可獲得對不同抗蟲因子稻種有不同反應之生物小種（Pathak and Heinrichs, 1982；鄭，1975），目前嘉義農業試驗分所保留有褐飛蝨生物小種5種（鄭，1975；臺灣農試年報，1980）其中時biotype V（由babawee，含 *bph*-4 抗蟲因子品種培育而成）雖經連續飼養於babawee 3年，尚無法正常繁殖外，其他各生物小種均已完全適應於用以飼養之抗蟲品種。此外國際稻米研究所亦以同樣方法獲得 biotype 1、2及3三種生物小種，其中 biotype 1及3與本省 biotype 1及3具相同之反應，但 biotype 2與本省之 biotype II 雖同應用 Mudgo（*Bph*-1）培育而成，但本省之 biotype II 可致使 ASD 7（*bph*-2）中等至嚴重危害，而國際稻米研究所者，則只能致使輕微的危害（IRRI, 1981）。各種生物小種與各種抗蟲因子稻種之相互作用由鄭（1975）及本試驗結果瞭解biotypes II 及 VI 除分別可危害Mudgo（含*Bph*-1）及Rathu henati（含*Bph*-3）外並可能致使 H 105（*bph*-2）及TN 1（感蟲品種）遭受中等至嚴重危害，biotype III 只能危害H 105及感蟲稻種，而biotype I 則只能危害TN 1之類的感蟲品種。含不同抗蟲因子品種對不同生物小種之抵抗性並非由植物組織之機械障礙而可能爲其所含化學物質所致（表12）。在菲律賓國際稻米研究所，Sogawa and Pathak（1970）、Iman（1978）及 Alam（1978）分別探論抗蟲品種對biotypes 1、2及3之抗蟲機制亦

有類似報導。然而由於各生物小種在含不同抗蟲因子品種上取食所排泄之蜜露量較取食於濕濾紙上者爲多（表13），顯示各生物小種在抗蟲品種亦能取食，但其取食量較在感蟲品種爲少。此種現象可能因爲抗蟲品種含有忌避物質或無具適合於該生物小種取食之刺激物質所致。此種推測可由各生物小種在其抗蟲品種取食時，因一再嚐試尋找適其取食部位，故其口針分支數及分支率均顯著的較在感蟲品種取食者爲多的事實獲得佐證（表12）。褐飛蝨一般認爲只能在水稻上繁衍， 應屬於單食性害蟲 ，Dethier（1947） 認爲所謂單食性昆蟲是受一種或一羣相近似的物質所引誘。按此觀點，則所謂不同生物小種可能祇是褐飛蝨個體羣因具不同味覺刺激的感受，能適應於某種特殊化學物質之某一濃度範圍，但却不能適應於同種化學物質的另一濃度範圍。Sigawa（1970）報告 asparagine 對褐飛蝨取食具有促進作用，Sogawa and Pathak（1970） 發現Mudgo 含所 asparagine 顯著地較感蟲品種TN 1及IR 8爲少。因此並認爲是 Mudgo 抵抗褐飛蝨（biotype 1）重要因素之一。然而近一步觀察抗蟲品種及感蟲品種純化系 （Isogenic lines）所含asparagine並無顯著差異（Sogawa, 1982）。最近Yoshihara *et* al,（1980）發現抗蟲品種含較高之 Oxalic acid, ，並證明此種物質對褐飛蝨取食具抑制作用。但此項發現對於水稻品種抗褐飛蝨所扮角色如何仍有待進一步證明。

生物小種能否危害抗蟲品種之遺傳行爲曾經數人研究，IRRI（1978）報告biotype 1 對 biotype 2及 3 呈顯性作用，而biotype 3 對 biotype 2 呈顯性作用；Sogawa（1981）根據雜交後代之寄主偏好性，取食能力以及若蟲發育和成蟲的繁殖能力爲依據，認爲 biotype 1 對 biotype 2 具顯性作用，但對 biotype 3 則呈中間型。另一方面 Claridge（1979）以生物小種雜交後代在抗蟲及感蟲品種取食之蜜露分泌量爲分析依據，認爲生物小種危害抗蟲品種能力係受數量因子所支配。本試驗以雜交後代在抗蟲品種之存活率爲分析，依據結果發現其遺傳行爲係受數量因子所支配，同意Claridge (1979）的發現，另一方面發現能否在抗蟲品種上生存或危害之能力，biotype Ⅰ 對 biotype Ⅱ 及Ⅲ呈不完全顯性作用，而 biotype Ⅲ對 biotype Ⅱ呈超顯性作用。此項結果與IRR Ⅰ（1978）之報告類同。由於生物小種爲害抗蟲品種的能力係受數量因子所控制，其棲羣個體間之變異可能很大。因此當一種抗蟲品種被廣面積地連續栽培，因選汰作用，而使少數能存活者重組及累積能適合於抗蟲品種的因子，而能於短期內取代原來的棲羣，適應並危害抗蟲品種。然而由於 biotype Ⅱ及Ⅲ對 biotype Ⅰ爲隱性，因此除非由一抗蟲品種在隔離地區之連續栽培，否則 biotype Ⅱ及Ⅲ的棲羣將無法維持於一穩定狀態。因此避免於一地區大面積連續地栽培，由同一主效抗蟲因子所支配之抗蟲品種，必能有效地抑制新有害生物小種之產生。

本試驗於室內連續飼育褐飛蝨於 Mudgo 或H 105 12個世代，該蟲羣在Mudgo或H 105之存活率隨飼養世代之增進而顯著地增加，至第六世代時，其存活率就幾乎與飼養於感蟲品種TN 1者相等（表17）。此種適應能力之快速改變與Pathak and Heinrichs（1982）所發現結果相同。然而若將褐飛蝨輪飼於不同抗蟲因子品種（每 4 世代於一品種，相當於一期稻作期間褐飛蝨所能繁殖之世代數）或飼養於混植含有不同抗蟲因子的品種，則其在某一特定的抗蟲品種的存活率雖隨飼養世代而略有變動，但並不呈穩定的上升。此項結果證明混植或輪植不同抗蟲因子品種於一地區，能抑制或緩慢有害新生物小種的快速產生。然而 Gallun（1977） 認爲此種栽植策略可能培育出超級生物小種，而使數個有效的抗蟲因子同時失去作用。關於此點，有待繼續觀察證明。

目前本省育成推廣之抗褐飛蝨品種均含 *bph*-2 因子屬於中等程度抗性品種。於褐飛蝨大量發生情況下，在這類抗蟲品種最高棲羣密度可達每叢90餘隻（表18），若無藥劑防治，可遭受中等程度危害。但在同樣環境下，褐飛蝨在感蟲品種臺中在來1號每叢密度可達1000隻以上，而於黃熟前遭受完全蝨燒危害。按此項試驗結果表示，於褐飛蝨大量發生時，栽植抗蟲品種尙需施用一至二次藥劑給予補充防治，才能完全抑制褐飛蝨之經濟危害。這種抗蟲程度雖不及抗蟲程度較強之 IR 26（含*Bph*-1因子），但因能對褐飛蝨之汰選壓力亦較之爲小，栽植壽命可能將較後者爲長。在嘉義近郊已栽植這類型抗蟲品種（約 400公頃）長達 5 年左右，但仍未

發現有新有害生物小種之產生。另一方面在印尼及菲律賓於IR 26 因 biotype 2 之產生而改植 IR 36 及38以來亦已長達4年左右尚未有新生物小種危害之報導（Pathak and Heinrich, 1982；Iman, 1981）。縱然如此，由於它是屬於單主效因子所支配之抗蟲品種，在連續大面積栽植情況下，產生新有害生物小種仍有可能。爲策安全，今後本省抗褐飛蝨育種，仍希望朝向多元因子化爲上策，以免因新生物小種之產生而束手不及。

栽植抗褐飛蝨品種，除可減少施藥次數，減少防治成本外，由於抗蟲品種並不影響天敵的活動（圖1），而且因抗蟲品種可減少褐飛蝨的棲羣密度之快速成長，有助於天敵更有效的達到抑制褐飛蝨之作用（Maxwell, 1972；Horber, 1972）另一方面，由於栽植抗蟲品種可減少農藥使用次數，有助於褐飛蝨及其他一般害蟲天敵之保留。這可使害蟲因農藥之頻於使用而呈不穩定現象獲得改善。

在本省第二期稻作害蟲發生危害程度遠比第一期作爲嚴重（鄭，1979），積極從事水稻抗褐飛蝨育種工作，有助於水稻害蟲的經濟防治，對減少二期作害蟲之嚴重危害，相信亦有相當的幫助，然而尚有許多留待解決的問題，有待今後繼續努力。

## 引用文獻


1. 臺灣省農業試驗所。民國69年年報，P. 95。臺灣省農業試驗所，臺中。
2. 鄭清煥。1976。褐飛蝨及黑尾葉蟬對水稻產量損失估計。植物保護學會刊 18（2）：147—160。
3. 鄭清煥。1976。新育成抵抗褐飛蝨水稻品種（系）室內抗蟲反應及其田間表現。中華農業研究（4）：259—268。
4. 鄭清煥。1975。褐飛蝨新生物小種及其與抗蟲品種間之相互作用。臺灣省農業試驗所研究彙報 32：29—41。
5. Alam, M. S. 1978. Resistance of rice varieties to biotype 3 of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal). Ph. D. thesis, Univ. of Philippines, Los Banos, Philippines.
6. Chelliah, S., R. Velusamy, E. A. Heinrichs and Sellamal Murugesan. 1981. Moderate resistance in rice varieties to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal) -Methods of evaluation, Mimeograph, Presented at Intern. Rice Conf. 1981, 13p.
7. Cheng, C. H. and W. L. Chang. 1979. Studies on varietal resistance to the brown planthopper in Taiwan, *In* Brown planthopper: Threat to Rice Production in Asia. pp. 251-71. IRRI, Los Banos, Philippnes.
8. Cheng, C. H. and M. D. Pathak. 1972. Resistance to *Nephotettix virescens* in rice varieties. J. Econ. Entom. 65(4): 1148-1153.
9. Claridge. F. 1979. Biotaxomic studies on leafhopper pests of rice. ODA Research Scheme R3283, Annual Report 1978/79, Univ. College, Cardiff, Wales, UK. 79p.
10. Dethier, V. G. 1947. Chemical insect attractants and repellents, pp. 254-255. The Blakiston company, Philadelphia, U. S. A.
11. Gallun, R. L. 1977. The genetic basis of hessian fly epidemics. ANN. N. Y. Acad. Sci. 287: 223-229.
12. Gallun, R. L. and G. S. Khush. 1980. Genetic factors affecting expression and stability of resistance. *In* Breeding plants resistant to insects (Eds. by F. G. Maxwell and P. R. Jennings). John Wiley and Sons, N. Y. USA.
13. Ho. D. T., E. A. Heinrichs, and F. Medrano. 1982. Tolerance of the rice variety Triveni to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. Environ. Entom. 11(3): 598-602.
14. Horber, E. 1972. Plant resistance to insects. Agri. Sci. Rev. 10: 1-18.
15. Hayman, B. L. and K. Mather. 1955. The description of genectic interactions in continuous variation. Biometrcis 11: 69-82.
16. Iman, H. 1981. Current status of the brown planthopper problem and its biotypes in Indonesia. Mimeograph, presented at Intern. Rice Res. Conf. 1981, IRRI, Los Banos, Philippines. 5p.
17. Iman, H. 1978. Resistance of rice varieties to biotype 2 of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal). Ph. D. thesis of Univ. Philippines. Los Banos, Philippines.
18. IRRI. 1978. Biotype studies, Genetics of BPH

biotypes. Intern. Rice Res. Inst. Ann. Rep. 1977 : 68.

19. IRRI. 1976. Selection and studies on source of resistance, Biotypes. Intern. Rice, Res. Inst. Ann. Rep. 1975 : 107-108.

20. IRRI. 1981. Levels of resistance in rice varieties to biotypes of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* in south and southeast Asia, Rep. 1979. Intern. collab. proj. on. brown planthoper resistance. Mimeograph, 18p.

21. Jensen, W. A. 1962. Botanical histochemisery. W. H. Freeman and Company.

22. Khush, G. S. 1979. Genetics of and breeding for resistance to the brown planthopper . *In* Brown planthopper : Threat to Rice production in Asia. pp. 321-332, IRRI, Los Banos, Philippines.

23. Khush, G. S. and H. M. Beachell. 1972. Breeding for disease and insect resistance at IRRI *In* Rice breeding, IRRI, Los Banos, Philippines. pp. 309-322.

24. Mather, K. and J. L. Jinks. 1971. Biometrical genetics. Cornell Univ. Press, Ithaca, N. Y. USA.

25. Mochida, O., T. Suryana and A. Wahyu, 1977, Recent outbreaks of the brown planthopper in southeast Asia (with special referrence to Indonesia). *In* The rice brown planthopper. pp. 170-191, Food and Fertilizer Techn. Center for Asian and Pacific Region. ASPAC, Taiwan, ROC.

26. Maxwell, F. G. 1972. Host plant resistance to insects-nutritional and pest management relationships. *In* Insect and mite nutrition. (J. G. Redriguez Ed). North-Holland, Amsterdam . pp. 599-609.

27. Pathak, M. D. 1970. Genetics of plants in pest management. *In* concepts of pest management. (R. L. Rabb and F. E. Guthrie Eds). North Carolina State Univ., Raleigh. pp. 138-157.

28. Pathak, P. K. and E. A. Heinrichs. 1982 . Selection of biotype populations 2 and 3 of *Nilaparvata lugens* by exposure to resistant rice varieties. Envirn. Entom. 11(1):85-90.

29. Sogawa, K. 1982. The rice brown planthopper : Feeding physiology and host plant interactions. Ann. Rev. Entom. 27 : 49-73.

30. Sogawa, K. 1981. Hybridization experiments on three biotypes of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera : Delphacidae ) at the IRRI, the Phillippines. Appl. Entom. Zool. 16 : 193-99.

31. Sogawa, K. 1970. Effect of asparagine on feeding of the brown planthopper, Japan. J. Appl. Entom. Zool. 14 : 107 (in Japanese).

32. Varca, A. S. and R. Feuer, 1976. The brown planthopper and its biotypes in the Philippines. Plant Prot. News 5(1) : 1-4.

33. Yoshihara, T., K. Sogawa, M. D. Pathak, B. O. Juliano and S. Sakamura. 1980. Oxalic acid as a sucking inhibitor of the brown planthopper in rice (Delphacidae, Homoptera). Entom. Exp. Appl. 27 : 149-55.

# Studies on Varietal Resistance to the Brown Planthopper in Rice with Special Emphasis on the Interaction Between Host and Biotypes *

C. H. Cheng

*Chiayi Agricultural Experiment Station*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Chiayi, Taiwan 600*
*Republic of China*

## Summary

The brown planthopper (BPH) is the most destructive insect pest of rice in Taiwan especially in the second rice crop. A cultivation of resistant varieties is considered as the most economic measures for control of the hopper. During past decade, a program for breeding rice resistance to the hopper have been well established in Taiwan and six resistantt varieties have been named and released for commercial cultivation. Recently, in view of the occurrence of biotypes of BPH in southeast Asia only two to three years after resistant variety IR 26 was cultivated extensively. In order to avoid a monoculture of monogenic resistant varieties to induced the occurrence of virulent biotypes of the hopper as which have happened in southeast Asia, it is considered importance to breed rice for resistance in diverse genetic basis. For this purpose, three hundred and ninety eight variety (lines) with different resistance genes were introduced from the International Rice Research Institute (IRRI) and identified both in laboratory and field in this study. Among them 32 improved resistant lines with *Bph*-3, *bph*-4, or genes combination of *Bph*-3 or *bph*-4 with *Bph*-1 or *bph*-2, and the progenies of Ptb 33 (with two unidentified reistance genes) were selected as good sources for breeding resistance to BPH (Table 1). In addition, three "field resistance" varieties (resistance is possibly conditioned by polygenes), Triveni, Utri-Rajapan and Kencana were also introduced from the IRRI, and a method for identification of such type of resistance was also established by infestation of 30-day-old seedings planting in a plate and infestation with a density of 4 seedlings per mated-female of BPH. By using this method, the "field resistance" varieties could be identified from the susceptible varieties

* Supported by grants 1980-5.1-030 (3—9), 1981-5.1-03 (3—9) and 1982-4.1-47 (3.2) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

during the nymphal stage of following generation.

The interactions between varieties with different resistance genes and four biotypes of BPH were also investigated at present study. It indicated that the host preference, survival rate, population development and degree of damage of different biotypes on varieties with different resistance genes differed significantly. The biotypes developed from varieties with *Bph*-1 and *Bph*-3 . resistance genes were more virulent than that was developed from variety with *bph*-2. No mechanical barrier was observed in the tissues of rice plant to disturb the feeding of biotypes from resistant varieties. However, when every biotpye was caged to feed on resistant variety, the insect changed feeding sites frequently, and more branch of stylet sheath produced in each feeding was observed. A significantly less amount of honeydew excreted when the insect caged on resistant varieties, that is considered as mainly due to a lack of feeding stimulant involved in the resistant varieties.

The ability and inability of biotypes to survive and infest on varieties with different resistance genes was observed to be polygenic in nature. The results of reciprocal crosses between biotypes Ⅰ and Ⅱ, and between biotypes Ⅰ and Ⅲ showed that the inability of biotype Ⅰ to survive on Mudgo was partial dominant to those of biotype Ⅱ, and the inability of biotype Ⅰ to survive on H 105 was partial dominant to those of biotype Ⅲ. Reciprocal crosses between biotype Ⅱ and Ⅲ indicated that the inability of biotype Ⅲ in survival and infesting Mudgo was over dominant to those of biotypeⅡ.

The experiment conducted to assess whether or not the evolution of new biotypes can be prevented or retarded by use of a rotative or mixed planting of resistant varieties with different resistance genes, the survival rate of the nymphs of BPH on such planting systems was compared with those which were reared continously on a fixed resistant variety. The results showed that BPHs were easy to shift their ability to survive on resistant variety when they were forced to feed on the variety continously for more then 6 generations. However, when the resistant varieties with different resistance genes were grown in rotation or grown in mixture, then the survival of BPHs on a particular resistant variety were evidently lower than that was forced to feed on a particular resistant variety continously. This indicate that rotative or mixed cultivation of resistant varieties having different resistance gene in an area could slow down the evolution of new biotypes.

The resistant varieties having released for commercial cultivution in Taiwan are all with *bph*-2 resistance genes and belong to moderate resistant ones. These varieties

tested in an outbreak of BPH conditions showed that the resistant varieties alone could not suppress the BPH population below the level of economic threshold. However, by cultivation of resistant varieties could reduce more than a half of insecticidal application. Since the selection pressure of these varieties to BPH are lower than that of IR26, they migh not overcome by the new virulent biotypes as easy as that of IR26 in southeast Asia countries. In addition, a cultivation of morderate resistant varieties were observed to be compatible with biological control since they did not reduce the natural enemies of the pest inhabiting on them. Accordingly, the varieties with *bph*-2 resistance-gene were considered as an important element of an integrated rice-insect pests managerment program. Nervethless, as mention above when resistant varieties are planted extensively in a big area, planting resistant varieties with different resistance genes would be more effeictve in preventing the prevalence of virulence biotypes of the BPH than that of monoculture with monogenic resistant varieties. Therefore, breeding for resistance to BPH in diverse gonetic basis is urgent needed.

稻作區域性與期作性低產及增產措施之研究

劉大江 謝順景 主編

臺灣省農業試驗所發行
行政院農業委員會補助